

Jürgen Brenner

Entwicklung einer effizienten Methode zur Bestimmung von  
Verdunstungsemissionen zweirädriger Kraftfahrzeuge  
angepasst an den technischen Fortschritt

eingereicht als

**DIPLOMARBEIT**

an der

**HOCHSCHULE MITTWEIDA**

---

**UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES**

Fakultät Maschinenbau

Graz, 2010

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Gerhard Gebhardt

Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Rudolf Gurtner

Vorgelegte Arbeit wurde verteidigt am: 10.12.2010

## Bibliographische Beschreibung:

Brenner, Jürgen:

Entwicklung einer effizienten Methode zur Bestimmung von Verdunstungsemissionen zweirädriger Kraftfahrzeuge angepasst an den technischen Fortschritt. - 2010. - 88 S. Graz, Hochschule Mittweida, Fakultät Maschinenbau, Diplomarbeit, 2010

## Referat:

Ziel der Diplomarbeit ist es, eine Methode zur Bestimmung von Verdunstungsemissionen zu entwickeln, welche auch bei modernen Zweiradkonzepten mit angemessenem Aufwand angewandt werden kann. Durch die gestiegenen Möglichkeiten in der Konstruktion und Fertigung sind Motorräder heute wesentlich komplexer aufgebaut, als dies zum Zeitpunkt der Ausarbeitung bisher gegebener Methoden der Fall war. Um die technische Entwicklung darzustellen, werden die maßgebenden Eigenschaften von Motorrädern mehrerer Modelljahre aufgelistet. Zusätzlich werden Daten in Betrieb befindlicher Fahrzeuge erhoben, auf deren Basis unter Berücksichtigung der Durchführbarkeit in bestehenden Prüfeinrichtungen Versuchsmessungen durchgeführt werden. Abschließend erfolgt eine Beschreibung der erarbeiteten Methode.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	VI
Tabellenverzeichnis.....	VII
Abkürzungen .....	VII
<b>0. Einleitung.....</b>	<b>1</b>
0.1. Problemstellung.....	1
0.2. Abgrenzung des Problems .....	2
0.3. Überblick über den Aufbau der Arbeit.....	3
<b>1. Grundlagen der Verdunstungsemissionsmessung .....</b>	<b>5</b>
1.1. Begriffsbestimmungen .....	5
1.1.1. Verdunsten und Sieden .....	5
1.1.2. Verdunstungsemissionen .....	5
1.1.3. Bezugskraftstoff.....	6
1.1.4. SHED .....	7
1.2. Unterscheidung der Emissionen nach Betriebszuständen.....	7
1.2.1. Running losses.....	7
1.2.2. Hot soak emissions .....	8
1.2.3. Diurnal emissions .....	9
1.3. Allgemeine Beschreibung der Messung .....	9
1.3.1. Die Messaufgabe .....	9
1.3.2. Verwendete Einheiten .....	9
1.3.3. Randbedingungen .....	9
1.3.4. Messeinrichtung und Messgeräte.....	10
1.3.5. Kalibrierung und Justierung.....	14
1.3.6. Messablauf .....	16
1.3.7. Ermittlung des Messergebnisses.....	16
1.3.8. Messunsicherheit .....	17
<b>2. Gesetze und Richtlinien.....</b>	<b>19</b>
2.1. Exkurs: Entwicklung der PKW Richtlinien.....	19
2.1.1. Gesetzliche Entwicklung in Kalifornien .....	19
2.1.2. Gesetzliche Entwicklung in Europa .....	20
2.2. In Kalifornien derzeit geltende Abläufe für Motorräder.....	21
2.2.1. Gesetze und Vorschriften.....	21

2.2.2.	Emissionsgrenzwerte .....	21
2.2.3.	Das Messverfahren .....	22
2.2.4.	Alternative Temperaturverläufe für die Tankerwärmung .....	27
2.2.5.	Dauerhaltbarkeit emissionsmindernder Einrichtungen .....	28
2.3.	Gemeinsamkeiten der Abläufe .....	29
2.4.	Bestehende Vorschläge für ein Messverfahren in Kalifornien .....	29
2.5.	Bestehende Vorschläge für Messverfahren in Europa.....	30
2.5.1.	Vorschlag an die Europäische Kommission .....	30
2.5.2.	Standpunkt und Vorschlag der europäischen Motorradhersteller .....	32
2.6.	Harmonisierung fahrzeugtechnischer Vorschriften .....	33
<b>3.</b>	<b>Technische Entwicklung bei Motorrädern .....</b>	<b>35</b>
3.1.	Ausgewählte Modelljahre.....	35
3.1.1.	Modelljahr 1974.....	35
3.1.2.	Modelljahr 1984.....	37
3.1.3.	Modelljahr 1990.....	37
3.1.4.	Modelljahr 2000.....	37
3.1.5.	Modelljahr 2010.....	38
3.2.	Vergleich der einzelnen Modelljahre.....	38
3.2.1.	Material der Kraftstoffbehälter .....	39
3.2.2.	Position der Kraftstoffbehälter .....	41
3.2.3.	Exposition der Kraftstoffbehälter .....	42
3.2.4.	Art der Gemischaufbereitung.....	43
3.3.	Anlage zur Begrenzung von Verdunstungsemissionen .....	43
3.3.1.	Aufbau der Anlage.....	43
3.3.2.	Auslegung der Anlage .....	44
<b>4.</b>	<b>Reale Bedingungen und Messergebnisse .....</b>	<b>47</b>
4.1.	Erwärmung des Kraftstoffbehälters im Tagesverlauf .....	47
4.1.1.	Ursachen für die Erwärmung.....	47
4.1.2.	Bestimmung der Tanktemperaturen .....	47
4.1.3.	Maximal gemessene Kraftstofftemperaturen .....	49
4.1.4.	Maximal gemessene Gastemperaturen.....	49
4.1.5.	Normale Sommertage .....	51
4.2.	Tagestemperaturverlauf und Fahrbetrieb .....	51
4.2.1.	Fahrbetrieb vor dem Tagestemperaturverlauf .....	51

4.2.2.	Fahrbetrieb im Tagestemperaturverlauf .....	51
<b>5.</b>	<b>Methoden für die Erwärmung des Tanksystems .....</b>	<b>52</b>
5.1.	Bestehende und vorgeschlagene Methoden .....	52
5.1.1.	Direkt am Kraftstoffbehälter angebrachte Wärmequellen .....	52
5.1.2.	Separates Konditioniersystem .....	52
5.1.3.	Verlaufende Temperaturregelung der gesamten Raumlufte .....	53
5.1.4.	Simulierte Sonnenstrahlung .....	54
5.1.5.	Vergleich der bestehenden und vorgeschlagenen Methoden .....	56
5.2.	Alternative Methoden für den Wärmeeintrag .....	57
5.2.1.	Konditionierung eines Teilstromes der Raumlufte .....	58
5.2.2.	Konstante Temperaturregelung der gesamten Raumlufte .....	58
5.2.3.	Vergleich der alternativen Methoden .....	59
<b>6.</b>	<b>Betrachtung der gewählten alternativen Methode .....</b>	<b>61</b>
6.1.	Messverfahren .....	61
6.2.	Randbedingungen .....	62
6.2.1.	Kraftstofftemperatur bei Messbeginn .....	62
6.2.2.	Temperatur in der Messkabine .....	63
6.2.3.	Dauer der Messung .....	63
6.3.	Beschreibung der verwendeten Anlage .....	64
6.3.1.	Kabine zur Messung von Verdunstungsemissionen .....	64
6.3.2.	Kohlenwasserstoff-Analysator .....	65
6.4.	Anforderungen an die Messkabine .....	65
6.5.	Versuchsfahrzeuge .....	67
6.6.	Messungen Enduro .....	69
6.6.1.	Messwerte bei einem Umgebungstemperaturverlauf .....	69
6.6.2.	Ermittlung der Kraftstofftemperaturverläufe .....	70
6.6.3.	Messwerte bei der Methode mit konstanter Kabinentemperatur .....	71
6.6.4.	Vergleich der Emissionsverläufe .....	72
6.7.	Messungen Sporttourer .....	73
6.7.1.	Messwerte bei einem Umgebungstemperaturverlauf .....	74
6.7.2.	Messwerte bei der Methode mit konstanter Kabinentemperatur .....	75
6.7.3.	Vergleich der Emissionsverläufe .....	76
6.8.	Messungen Maxi-Roller .....	79
6.8.1.	Messwerte bei einem Umgebungstemperaturverlauf .....	79

6.8.2.	Messwerte bei der Methode mit konstanter Kabinentemperatur .....	80
6.8.3.	Vergleich der Emissionsverläufe .....	81
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>83</b>
7.1.	Erkenntnisse .....	83
7.2.	Erforderliche Randbedingungen .....	85
7.2.1.	Kraftstofftemperatur bei Messbeginn.....	85
7.2.2.	Temperatur in der Messkabine.....	85
7.2.3.	Bezugskraftstoff.....	86
7.2.4.	Dauer der Messung .....	86
7.3.	Ausblick .....	87
<b>8.</b>	<b>Anlagen .....</b>	<b>89</b>
8.1.	Detaillierte Daten verschiedenen Modelljahre .....	89
8.1.1.	Überblick über die Daten aller genannten Modelljahre .....	89
8.1.2.	Modelljahr 1974.....	90
8.1.3.	Modelljahr 1984.....	92
8.1.4.	Modelljahr 1990.....	98
8.1.5.	Modelljahr 2000.....	104
8.1.6.	Modelljahr 2010.....	113
8.1.7.	Legende zu den Datentabellen der verschiedenen Modelljahre.....	121
8.2.	Messwerte Kraftstofftemperaturen.....	122
8.2.1.	Heiße Sommertage .....	122
8.2.2.	Normale Sommertage .....	124
8.3.	Analysenzertifikat Bezugskraftstoff .....	125
8.4.	Literatur- und Rechtsquellenverzeichnis.....	127
8.5.	Erklärung zur selbständigen Anfertigung .....	132

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1.:	EU Umgebungstemperaturverlauf für mehrspurige Fahrzeuge..	11
Abbildung 2.1.:	Emission Standards for Motorcycles.....	22
Abbildung 2.2.:	Ablauf des CARB Messverfahrens.....	23
Abbildung 2.3.:	EPA Urban Dynamometer Driving Schedule .....	24
Abbildung 2.4.:	Kraftstoffsolltemperaturverlauf .....	25
Abbildung 2.5.:	Gasphasensolltemperaturverlauf .....	26
Abbildung 2.6.:	Test distances for DURABILITY DEMONSTRATION .....	28
Abbildung 2.7.:	Ablauf aus dem German-Dutch-Swedish proposal 2005 .....	31
Abbildung 3.1.:	Klassischer Motorradaufbau .....	36
Abbildung 3.2.:	Anzahl der angebotenen Modelle ausgewählter Modelljahre.....	38
Abbildung 3.3.:	Modelle mit Kunststoffkraftstoffbehälter .....	39
Abbildung 3.4.:	Modelle mit alternativer Tankposition.....	41
Abbildung 3.5.:	Tank einer aktuellen Reiseenduro .....	42
Abbildung 3.6.:	Modelle mit teilweise oder vollständig verdecktem Tank .....	42
Abbildung 3.7.:	Modelle mit Einspritzanlage .....	43
Abbildung 3.8.:	Motorrad Aktivkohlefaller.....	44
Abbildung 4.1.:	Maximale Tankoberflächentemperaturen im Kraftstoffbereich...	49
Abbildung 4.2.:	Maximale Temperaturen der Gasphase.....	50
Abbildung 5.1.:	Kraftstofftemperaturverlauf PKW .....	53
Abbildung 6.1.:	Innenansicht der Kabine .....	64
Abbildung 6.2.:	Flammenionisationsdetektor .....	65
Abbildung 6.3.:	Temperierung der Kabine nach dem Einbringen.....	66
Abbildung 6.4.:	Zusammenstellung der Versuchsfahrzeuge.....	67
Abbildung 6.5.:	Messwerte Umgebungstemperaturverlauf, Enduro.....	69
Abbildung 6.6.:	Kraftstofftemperaturverläufe bis T90, Enduro .....	70
Abbildung 6.7.:	Messwerte bei konstant 35 °C Kabinentemperatur, Enduro .....	71
Abbildung 6.8.:	Umgebungstemperaturverlauf und 35 °C konstant, Enduro.....	73
Abbildung 6.9.:	Messwerte Umgebungstemperaturverlauf, Sporttourer .....	74
Abbildung 6.10.:	Messwerte bei konstant 35 °C Kabinentemperatur, Sporttourer	75
Abbildung 6.11.:	Messwerte bei konstant 40 °C Kabinentemperatur, Sporttourer	76
Abbildung 6.12.:	Umgebungstemperaturverlauf und 35 °C konstant, Sporttourer	77
Abbildung 6.13.:	Umgebungstemperaturverlauf und 40 °C konstant, Sporttourer	78

Abbildung 6.14.: Messwerte Umgebungstemperaturverlauf, Maxi-Roller .....	79
Abbildung 6.15.: Messwerte bei konstant 35 °C Kabinentemperatur, Maxi-Roller	81
Abbildung 6.16.: Umgebungstemperaturverlauf und 35 °C konstant, Maxi-Roller	82

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 5-1:	Bewertung der bestehenden und vorgeschlagenen Methoden..	56
Tabelle 5-2:	Bewertung neuer alternativer Methoden für die Erwärmung.....	59
Tabelle 6-1:	Daten der Versuchsfahrzeuge .....	68
Tabelle 6-2:	Mögliche Zusammensetzung der Gesamtemission .....	68

## Abkürzungen

ACEM	Association des Constructeurs Européens de Motocycles
ARB	Air Resources Board (bundesstaatsintern für CARB)
CARB	California Air Resources Board
CCR	California Code of Regulations
CFR	Code of Federal Regulations
DVPE	Dry Vapour Pressure Equivalent
EPA	(United States) Environmental Protection Agency
EVOH	Ethylen/Vinylalkohol-Copolymere
FID	Flammenionisationsdetektor
FTP	Federal Test Procedure; (auch EPA75 o. FTP-75 genannt)
MAC	Manufacturers Advisory Correspondence
MVEG	Motor Vehicle Emissions Group
PE-HD	Polyethylen high density
ppm	parts per million
SHED	Sealed Housing for Evaporative Determination
UDDS	Urban Dynamometer Driving Schedule (auch LA4 o. FTP-72 g.)
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe



## 0. EINLEITUNG

### 0.1. Problemstellung

Weltweit müssen neue Straßenfahrzeuge mit Verbrennungsmotor in irgendeiner Form ein Genehmigungsverfahren durchlaufen, wobei Schadstoffe im Abgas gemessen werden. Eine dabei gemessene Abgaskomponente sind Kohlenwasserstoffe. Diese werden bei unvollständiger Verbrennung des Kraftstoffes, welche durch Sauerstoffmangel oder inhomogene Durchmischung im Brennraum abläuft, freigesetzt.

Durch die hohe Flüchtigkeit des Kraftstoffes ist das Kraftstoffsystem bei Fahrzeugen mit Fremdzündungsmotor eine weitere Quelle für Kohlenwasserstoffemissionen. Diese Emissionen werden Verdunstungsemissionen genannt. Die Bestimmung von Verdunstungsemissionen bei Motorrädern ist nur in wenigen Ländern vorgeschrieben. Dabei verursachen Verdunstungsemissionen einen nicht zu vernachlässigenden Anteil der von Motorrädern emittierten Kohlenwasserstoffe.<sup>1</sup>

Bereits in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurden in Kalifornien Verdunstungsemissionsmessungen an mehrspurigen Kraftfahrzeugen durchgeführt. Ebenso frühzeitig wurde die Notwendigkeit der gesetzlichen Beschränkung der Verdunstungsemissionen von zweispurigen Kraftfahrzeugen erkannt und entsprechende Messvorschriften für in den achtziger Jahren folgende Modelljahre wurden erlassen.<sup>2</sup> Die für das Gesamtfahrzeug eingeführten Vorschriften enthielten eine Bestimmung der Verdunstungsverluste beim Heißabstellen sowie eine Bestimmung der Tankatmungsverluste.

Für Motorräder wurde ausgehend von einem klassischen Aufbau, bei dem sich der Tank vor der Sitzbank und über dem Motor befindet, für die Bestimmung der Tankatmungsverluste eine Methode eingeführt, bei welcher der Kraftstoff mit außen am Tank angebrachten Heizelementen als Wärmequellen linear erwärmt wird. Bei fast allen in den siebziger Jahren existierenden Motorradmodellen war eine einfache Anwendung dieser Methode möglich, weil genügend Raum zwischen

---

<sup>1</sup> vgl. [LAT 2009] S. 59

<sup>2</sup> [CARB 1990] section 8.

Motor und Tank vorhanden war, um die Heizelemente einfach anbringen zu können. Weiters waren Motorradtanks mit sehr wenigen Ausnahmen aus Metall, wodurch die Wärme gut auf den Kraftstoff übertragen werden konnte.

Durch den technischen Fortschritt bei der Entwicklung von Motorrädern sind Tanks heute keine aufgesetzten Behälter mehr, sondern häufig sehr stark in den Aufbau des Fahrzeuges integrierte Systeme, welche inzwischen vielfach aus Kunststoff gefertigt werden. Der Nachteil dieser erweiterten Möglichkeiten der Formgebung ist die erschwerte Durchführbarkeit einer Messung unter Anwendung der bestehenden Methode. Neben den oft kaum vorhandenen Möglichkeiten, die nötigen Wärmequellen so anzubringen, dass der Kraftstoff annähernd homogen erwärmt wird, ist es vielfach nicht mehr möglich, die Tanksysteme mit den angebrachten Wärmequellen wieder vollständig in der ursprünglichen Lage zu verbauen.

Hinzu kommt, dass für die Regelung der Tanktemperaturen während der Messung Temperaturmessstellen im Tankinneren benötigt werden. Dadurch ergeben sich zwei wesentliche Nachteile, die mit einer alternativen Methode umgangen werden könnten. Da für die Temperaturmessstellen Verschraubungen eingebaut werden müssen, ist es möglich, dass die so entstehenden Schnittstellen zur Tankumgebung selbst zu Emissionsquellen werden und somit das Messergebnis negativ beeinflussen. Weiters ist es vielfach nicht möglich, diese Schnittstellen im Bereich des Tankverschlusses anzubringen, wodurch es nötig ist, die Durchführungen am Tank selbst auszuführen. Eine moderne Methode soll jedoch dazu geeignet sein, eine beschädigungsfreie Bestimmung der Tankatmungsverluste zu ermöglichen, um sie auch bei in Betrieb befindlichen Fahrzeugen anwenden zu können.

## **0.2. Abgrenzung des Problems**

Anders als bei der Bestimmung der Tankatmungsverluste bedarf es bei der Bestimmung der Verdunstungsverluste beim Heißabstellen von Motorrädern keiner grundsätzlichen Anpassung der Methode an den technischen Fortschritt. Im Sinne einer weltweiten Harmonisierung wäre es jedoch vorteilhaft, einen ebenso weltweit anerkannten Fahrzyklus für die Konditionierung des Fahrzeuges zu verwenden. Die Auswahl eines geeigneten aktuellen Fahrzyklus bedarf einer sehr aufwändigen

Betrachtung, da diesem der größte Einfluss auf die Heißabstellverluste zuzurechnen ist. Diese Auswahl wird in der vorliegenden Arbeit nicht behandelt.

Der Schwerpunkt dieser Diplomarbeit liegt gezielt in der Entwicklung einer effizienten Methode zur Bestimmung der Tankatmungsverluste.

### **0.3. Überblick über den Aufbau der Arbeit**

Beginnend mit einer detaillierten Beschreibung der Problemstellung in der Einleitung folgt in den Kapiteln eins und zwei eine Einführung in die Grundlagen der Verdunstungsemissionsmessung unter Bezugnahme auf die derzeit geltenden Gesetze und Richtlinien. Durch eine ausführliche Beschreibung der Entstehung der verschiedenen Gesetze und Richtlinien unter Einbeziehung der bei mehrspurigen Fahrzeugen bereits erfolgten Entwicklungsschritte wird eine umfangreiche Basis für die Bewertung verschiedener Methoden gelegt.

Um die Entwicklung der Motorradtechnik seit der Ausarbeitung der derzeit angewandten Methode für die Bestimmung der Tankatmungsverluste darzustellen, werden in Kapitel drei die Daten mehrerer ausgewählter Modelljahre verglichen.

Für die spätere Eingrenzung der Randbedingungen bei den Messungen werden in Kapitel vier reale Temperaturwerte dargestellt, welche bei Fahrzeugen mit unterschiedlichem Aufbau an heißen Sommertagen bestimmt wurden.

In Kapitel fünf erfolgt eine Beschreibung bestehender und neuer Methoden für die Erwärmung des Kraftstoffs bei der Bestimmung der Tankatmungsverluste. Die Möglichkeiten und die nötigen Aufwände bei der Anwendung der verschiedenen Methoden werden bewertet, um die effizienteste Methode zu bestimmen.

Nach Festlegung eines Verfahrens für die Anwendung der gewählten neuen Methode und der wesentlichen Randbedingungen wurden Messungen an drei verschieden aufgebauten Versuchsfahrzeugen durchgeführt. In Kapitel sechs werden die Ergebnisse aus den Versuchen mit der neuen Methode im Vergleich zu den Ergebnissen aus den Versuchen mit einer bei mehrspurigen Fahrzeugen bewährten Methode dargestellt.

Die Zusammenfassung enthält die Erkenntnisse aus den Versuchen sowie eine Präzisierung der zuvor festgelegten Randbedingungen. Dem folgt ein Ausblick auf die weiteren Tätigkeiten im Bereich der Bestimmung von Verdunstungsemissionen

bei Motorrädern und die Beschreibung einer weiteren möglichen Anwendung einer Variante der neuen Methode.

Eine umfassende Auflistung der für die Darstellung der Motorradentwicklung zu Grunde liegenden Daten und der bei verschiedenen Fahrzeugen an heißen Sommertagen bestimmten realen Temperaturen folgt im Anhang der Arbeit.

# **1. GRUNDLAGEN DER VERDUNSTUNGSEMISSIONSMESSUNG**

## **1.1. Begriffsbestimmungen**

### **1.1.1. Verdunsten und Sieden**

Verdunsten bezeichnet den Übergang vom flüssigen zum gasförmigen Aggregatzustand unter der Siedetemperatur. Verdunsten ist ein langsamer Vorgang, welcher so lange möglich ist, bis der Partialdruck in der übergelagerten Gasphase den Sättigungsdampfdruck bei der entsprechenden Temperatur erreicht. Da ein Motorradtank für gewöhnlich kein völlig geschlossenes System darstellt, ist das Verdunsten theoretisch so lange möglich, bis es zu einer völligen Austrocknung der flüssigen Phase kommt.

Sieden bezeichnet den Zustand, wenn der Dampfdruck des Kraftstoffes den Gesamtdruck erreicht oder übersteigt und stellt im Gegensatz zum Verdunsten eine schnelle Zustandsänderung dar.

Die beiden Formen des Phasenübergangs werden unter dem Begriff Verdampfen zusammengefasst.

### **1.1.2. Verdunstungsemissionen**

Das Europäische Recht bestimmt den Begriff Verdunstungsemissionen als "Kohlenwasserstoffdämpfe, die aus dem Kraftstoffsystem eines Fahrzeugs austreten und nicht Auspuffemissionen sind".<sup>3</sup>

Diese Definition bedarf folgender Erweiterungen:

Da es möglich ist, dass ein Teil der Emissionen durch Sieden von Kraftstoffkomponenten verursacht wird, wäre Verdampfungsemissionen der korrekte Fachausdruck. Dieser findet in Europa aber nur in Dokumenten der Bundesbehörden der Schweizerischen Eidgenossenschaft<sup>4</sup> und in einigen wissenschaftlichen Publikationen Verwendung.

Abgesehen vom Kraftstoffsystem und den Auspuffemissionen gibt es noch andere Quellen für Kohlenwasserstoffemissionen.

---

<sup>3</sup> [715/2007] Art. 3, Ziff. 7.

<sup>4</sup> vgl. [VTS 2010] Anhang 5

Bei Fahrzeugen, die zur Gemischbildung einen Vergaser verwenden, erfolgt das Abstellen meist durch Ausschalten der Zündanlage. Dabei wird bis zum völligen Motorstillstand weiterhin Kraftstoff zerstäubt und angesaugt. Im Laufe der Messung kann dieser Kraftstoff aus dem Ansaugsystem und abhängig von den Ventilstellungen auch aus dem Brennraum entweichen und ebenfalls zu einer Erhöhung des Messergebnisses beitragen. Diese Bauteile, aus denen die Kohlenwasserstoffe dann entweichen, sind jedoch nicht mehr dem Kraftstoffsystem zuzuordnen.

Weiters emittieren in Abhängigkeit vom Alter neben zahlreichen Kunststoffteilen auch die Reifen des Prüflings Kohlenwasserstoffe.

Da bei Gesamtfahrzeugen all diese Emissionen mit einer "Kabine zur Messung der Verdunstungsemissionen"<sup>5</sup> bestimmt werden, ist es im Sprachgebrauch üblich, diese zusammenfassend als Verdunstungsemissionen zu bezeichnen.

So ist in dieser Diplomarbeit unter Verdunstungsemissionen ebenfalls die Summe der Kohlenwasserstoffemissionen mit Ausnahme der Auspuffemissionen zu verstehen.

### **1.1.3. Bezugskraftstoff**

Motorbenzin ist ein Vielstoffgemisch aus zahlreichen verschiedenen flüchtigen Kohlenwasserstoffen. Die Flüchtigkeit eines Kraftstoffes wird maßgeblich durch dessen Dampfdruck beeinflusst.<sup>6</sup>

Der Dampfdruck ist temperaturabhängig und entspricht dem Partialdruck der Kraftstoffkomponenten, welcher sich bei Gleichgewicht in einem geschlossenen System einstellt.

Für das berechnete trockene Dampfdruckäquivalent DVPE<sup>7</sup> sind in der Euronorm für Ottokraftstoffe<sup>8</sup> unterschiedliche Wertebereiche festgelegt, um jahreszeitliche Änderungen und geografische Gegebenheiten zu berücksichtigen. So ist im Winter, um ein gutes Startverhalten sicherzustellen, ein Kraftstoff mit höherer

---

<sup>5</sup> [70/220/EWG] Anh. VI, Ziff. 4.2. oder s. Abschnitt 1.3.4.a., S. 10

<sup>6</sup> vgl. [HVM 2010] S. 892

<sup>7</sup> [EN 13016-1]

<sup>8</sup> [EN 228]

Flüchtigkeit erlaubt. Damit starke Ausgasungen verhindert werden, sind im Sommer niedrigere Werte vorgeschrieben.

Um eine bessere Reproduzierbarkeit von Messergebnissen zu gewährleisten, ist für die Bestimmung von Verdunstungsemissionen die Verwendung eines genau definierten Bezugskraftstoffes<sup>9</sup> anstelle des wechselnden Tankstellenkraftstoffes vorgeschrieben.

#### **1.1.4. SHED**

Im deutschen Sprachraum wird häufig der Begriff SHED für Kabinen zur Messung von Verdunstungsemissionen verwendet. SHED steht für die Abkürzung der englischen Bezeichnung "Sealed Housing for Evaporative Determination".

## **1.2. Unterscheidung der Emissionen nach Betriebszuständen**

Verdunstungsemissionen können abhängig von den Betriebszuständen eines Fahrzeuges unterschieden werden in:<sup>10</sup>

- Verdunstungsverluste während des Fahrens (Running losses)
- Verdunstungsverluste beim Heißabstellen (Hot soak emissions)
- Tankatmungsverluste (Diurnal emissions)

### **1.2.1. Running losses**

Mit einer Messanlage, welche eine Kombination aus Fahrleistungsprüfstand und Kabine zur Messung der Verdunstungsemissionen darstellt, ist es möglich, die Masse der während des Fahrens verdunstenden Kohlenwasserstoffe zu bestimmen. Eine solche Messung ist nur mit hohem Aufwand<sup>11</sup> durchführbar. Daher ist die Bestimmung der Verdunstungsverluste während des Fahrens in keiner derzeit für Motorräder geltenden Regelung vorgeschrieben.

Fahrzeuge, die für einen Zielmarkt entwickelt werden, in dem eine Bestimmung der Tankatmungsverluste vorgeschrieben ist, sind mit einer Anlage zur Begrenzung von Verdunstungsemissionen<sup>12</sup> ausgerüstet. Diese Anlage lässt auch während der

---

<sup>9</sup> [692/2008] Anhang IX

<sup>10</sup> vgl. [CFR A2009] § 86.096-2

<sup>11</sup> vgl. [CARB 2009] PART III, section A, item 2. und PART III, section D, item 8.

<sup>12</sup> s. Abschnitt 3.3., S. 43

Fahrt im Tank entstehende Kraftstoffdämpfe nicht frei in die Umgebung entweichen, sondern speichert die Kohlenwasserstoffe mittels Aktivkohlefalle, um sie noch möglichst während des Fahrbetriebes der Verbrennung zuzuführen.

Aus all diesen Gründen ist es nicht effizient, zusätzlich zu einer Bestimmung von Tankatmungsverlusten auch eine Bestimmung von Verdunstungsverlusten während des Fahrens durchzuführen.

### **1.2.2. Hot soak emissions**

Heißabstellverluste bezeichnen jene Emissionen, die nach dem Heißabstellen des Fahrzeuges freigesetzt werden.

Diese entstehen hauptsächlich durch die Erhöhung der Temperatur im Kraftstofftank und im Bereich der Kraftstoffversorgungsanlage während des Betriebes und nach dem Abstellen des betriebswarmen Fahrzeuges.

Bei einigen Motorrädern mit klassischem Aufbau ist an der Tankunterseite eine Isolierung angebracht, welche die Erwärmung des Kraftstoffbehälters und damit die Emissionen beim Heißabstellen mindert. Bei vielen neueren Fahrzeugkonzepten ist der Tank nicht über dem Motor, sondern zum Beispiel unter der Sitzbank angeordnet. Wenn hier dafür gesorgt werden kann, dass nicht die Abgasanlage oder ein anderes während oder nach dem Betrieb stark wärmeabgebendes Bauteil den Kraftstoff zu sehr erwärmt, können die Emissionen beim Heißabstellen durch die abweichende Lage des Kraftstoffbehälters gemindert werden.

Neben den bereits beschriebenen, direkt beim Abstellen entstehenden Emissionen<sup>13</sup>, kommen bei Fahrzeugen mit Vergasern die Emissionen aus den Schwimmerkammern hinzu. Da die Vergaser durch ihre Nähe zum Motor meist sehr starken Erwärmungen ausgesetzt sind, verdampft ein Teil des in den Schwimmerkammern befindlichen Kraftstoffes.

Wenn Vergaserfahrzeuge mit einer Anlage zur Begrenzung von Verdunstungsemissionen ausgerüstet sind, werden diese Dämpfe gemeinsam mit den Tankemissionen in der Aktivkohlefalle zwischengespeichert und beim nächsten Fahrbetrieb der Verbrennung zugeführt.

---

<sup>13</sup> s. Abschnitt 1.1.2., S. 5



### **1.2.3. Diurnal emissions**

Tankatmungsverluste sind Emissionen aus einem stehenden, nicht betriebswarmen Fahrzeug, welche aufgrund von Umgebungstemperatur- und Umgebungsdruckschwankungen im Tagesverlauf verursacht werden.

Ergänzend definiert der Code of Federal Regulations (CFR) Resting losses als fortlaufend entstehende Emissionen, die nicht den anderen definierten Emissionen zuzurechnen sind<sup>14</sup>. Als Quellen für diese Resting losses können Kleinstleckagen und die Kraftstoffpermeation angesehen werden.

## **1.3. Allgemeine Beschreibung der Messung**

### **1.3.1. Die Messaufgabe**

Ziel der Bestimmung von Verdunstungsemissionen ist es, mit einem oder mehreren standardisierten Verfahren die realen Betriebsbedingungen des Prüflings möglichst gut nachzubilden und dabei eine Quantifizierung der Kohlenwasserstoffemission durchzuführen.

### **1.3.2. Verwendete Einheiten**

Das für die Bestimmung der Kohlenwasserstoffkonzentration verwendete Messgerät liefert eine Verhältniszahl an Kohlenstoffatomen in der Probe. Diese wird in Teilen von einer Million (ppm) ausgegeben. Durch eine in den jeweiligen Richtlinien oder Verordnungen festgelegte Formel wird damit ein Ergebnis in Gramm pro Zeiteinheit oder Gramm pro Temperaturverlauf errechnet.

### **1.3.3. Randbedingungen**

Das Fahrzeug muss sich in einem guten mechanischen Zustand befinden, um für die Messung geeignet zu sein. Die Abgasanlage, der Motor und der Antriebsstrang dürfen keine Undichtigkeiten aufweisen. Wie schon in Abschnitt 1.1.2. beschrieben, hat das Alter des Prüflings Auswirkungen auf das Messergebnis. Gesetzlich ist für die Eignung meist eine Mindestlaufleistung<sup>15</sup>, welche bei

---

<sup>14</sup> vgl. [CFR A2009] § 86.096-2

<sup>15</sup> vgl. [CFR E2009] § 86.427-78

normalen Betriebsbedingungen erfolgen muss, vorgeschrieben. Manchmal gilt auch ein Mindestalter für den Prüfling. Dabei besteht die Möglichkeit, dass die Permeation eines Kunststofftanks nach der Mindestalterung von beispielsweise einem Monat, wie in den "Durability Requirements"<sup>16</sup> vorgeschrieben, noch nicht stabil ist. Abhängig von Materialarten und Stärken kann es mehrere Monate dauern, bis ein Kunststofftank eine gleichbleibende Permeation aufweist.

Falls das Fahrzeug mit einer Aktivkohlefaller ausgestattet ist, darf diese während des Fahrbetriebes für die Alterung weder zu stark beladen noch übermäßig gespült werden.

#### **1.3.4. Messeinrichtung und Messgeräte**

##### **a. Kabine zur Messung von Verdunstungsemissionen**

Mit der am 28. Dezember 1998 in Kraft getretenen Abgasnorm Euro 3<sup>17</sup> für mehrspurige Fahrzeuge wurden "um den tatsächlichen Verdunstungsemissionen sowie dem Stand der Messtechnik besser Rechnung zu tragen"<sup>18</sup> die bis heute bestehenden Anforderungen an eine Kabine zur Messung von Verdunstungsemissionen folgend neu definiert:

Die Kabine zur Messung der Verdunstungsemissionen ist eine gasdichte, viereckige Messkabine mit genügenden Ausmaßen, um das Prüffahrzeug zu umschließen. Das Fahrzeug muss von allen Seiten zugänglich sein, und nach Verschluss der Kabine muss diese gasdicht [...] sein. Die Innenflächen der Kabine müssen undurchlässig gegenüber Kohlenwasserstoffen sein und dürfen nicht mit diesen reagieren. Das Temperaturregelungssystem muss die Lufttemperatur in der Kabine entsprechend dem vorgeschriebenen Temperatur-Zeit-Verlauf steuern können, wobei über die Dauer der Prüfung eine Durchschnittsabweichung von  $\pm 1$  K zulässig ist.<sup>19</sup>

Für die Bestimmung der Tankatmungsverluste bei mehrspurigen Fahrzeugen wurde mit dieser 1998 in Kraft getretenen Richtlinie die Anwendung des in Abbildung 1.1. dargestellten Umgebungstemperaturverlaufs<sup>20</sup>, welcher die Temperaturschwankungen im Tagesverlauf nachbilden soll, vorgeschrieben.

---

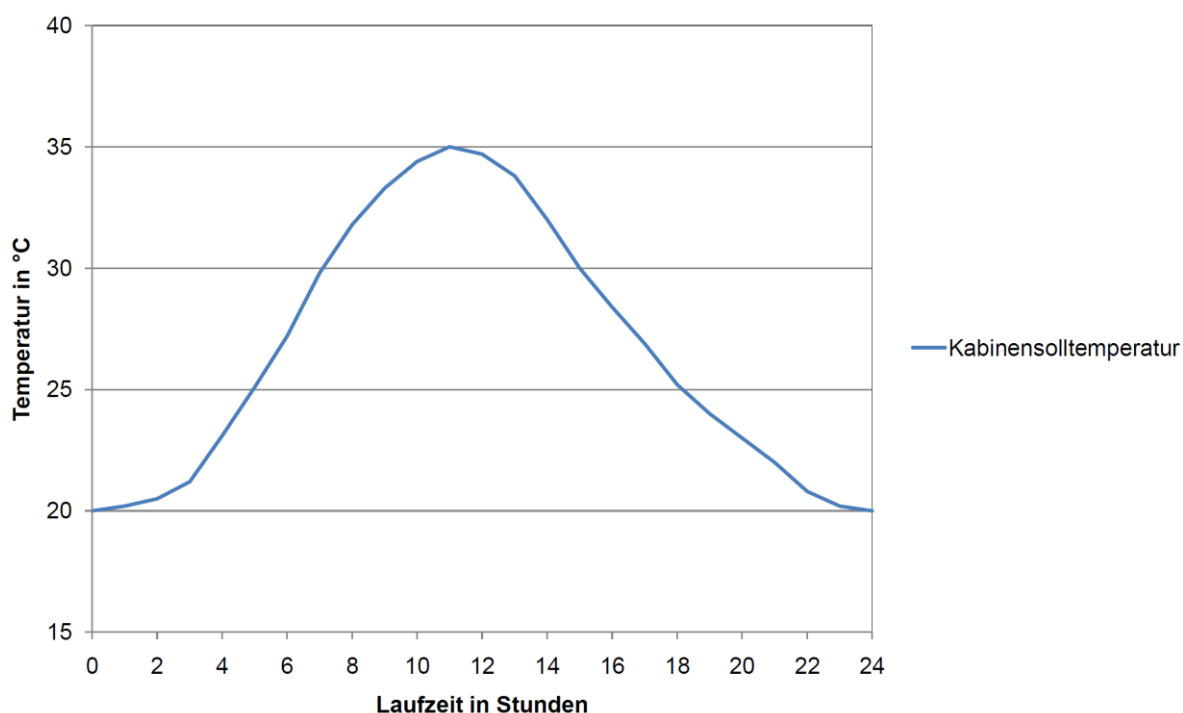
<sup>16</sup> [CARB 2009] PART II, section B, item 1.

<sup>17</sup> [98/69/EG]

<sup>18</sup> [98/69/EG] Ziff. 15.

<sup>19</sup> [70/220/EWG] Anh. VI, Ziff. 4.2.

<sup>20</sup> [70/220/EWG] Anh. VI, Anl. 2



**Abbildung 1.1.: EU Umgebungstemperaturverlauf für mehrspurige Fahrzeuge**

Zum Ausgleich der Volumenveränderungen aufgrund der sich während der Messung verändernden Kabinentemperatur kann entsprechend dieser Richtlinie eine Kabine mit veränderlichem oder mit festem Volumen verwendet werden.<sup>21</sup>

#### a.1. Kabinen mit veränderlichem Volumen

Bei der konstruktiven Umsetzung der Anforderungen an eine Kabine mit veränderlichem Volumen haben sich zwei Varianten etabliert.

##### a.1.1. Kabinen mit Kunststoffbeutel

So gibt es Kabinen, die mit einem Beutel aus Polyvinylfluorid ausgestattet sind. Dieser für Kohlenwasserstoffe undurchlässige Beutel ist gewöhnlich in der Kabine großflächig über dem Freiraum für den Prüfling angeordnet. Vor Beginn der Messung wird der Beutel mit einem bestimmten Volumen befüllt und bis zum gasdichten Verschließen der Anlage gesperrt. Sobald die Tordichtung geschlossen ist, wird eine Verbindung vom Beutelinnenraum zur Anlagenumgebung hergestellt. Dadurch können Differenzdrücke zwischen Kabineninnenraum und Kabinenumgebung ohne Luftaustausch und ohne Notwendigkeit einer Regelung ausgeglichen werden.

<sup>21</sup> vgl. [70/220/EWG] Anh. VI, Ziff. 4.2.

### a.1.2. Kabinen mit Hubdach

Die zweite Möglichkeit besteht in der Ausstattung der Kabine mit einem Hubdach. Hierbei haben die mit dem Kabinenboden dicht verschweißten Kabinenwände am oberen Ende eine umlaufende, tiefe Wasserrinne, welche den gasdichten Übergang zum beweglichen Dach der Kabine darstellt. Dieses Dach ist so ausgeführt, dass der nach unten reichende Rand rundherum in diese Wasserrinne eintauchen kann. Hierbei ist eine Regelung erforderlich, damit die Hubhöhe während der gesamten Messung so angepasst wird, dass möglichst geringe Differenzdrücke bestehen.

### a.2. Kabinen mit festem Volumen

Der Definition einer Kabine mit festem Volumen ist zu entnehmen:

Die Kabine muss mit einem Luftauslass versehen sein, durch den während der ganzen Prüfung langsam und gleichmäßig Luft aus der Kabine ausströmt. Zum Ausgleich kann über einen Lufteinlass die ausströmende Luft durch Umgebungsluft ersetzt werden. Die einströmende Luft muss durch eine Aktivkohlefaller geleitet werden, damit ihr Kohlenwasserstoffgehalt weitgehend konstant bleibt.<sup>22</sup>

Hierbei muss die Masse der Kohlenwasserstoffe der ein- und ausströmenden Luft ermittelt werden. Dazu sind eine ständige Volumenstrommessung und eine Analyse des Kohlenwasserstoffgehalts der ein- und austretenden Luft vorzunehmen.

Die Möglichkeit der Verwendung einer Kabine mit festem Volumen sollte dazu dienen, bereits bestehende Anlagen nach Einbau eines Temperaturregelsystems weiterhin verwenden zu können. Die Umbauten waren jedoch meist so umfangreich, dass viele Anlagen im PKW Bereich vollständig durch Kabinen mit veränderlichem Volumen ersetzt werden mussten.

Europäische Richtlinien<sup>23,24</sup> sehen vor, dass für die Bestimmung der Heißabstellverluste und für die Bestimmung der Tankatmungsverluste eine Kabine selber Ausführung verwendet wird. Die in Kalifornien derzeit geltende Regelung erlaubt es, für die Bestimmung der Heißabstellverluste eine einfacher

---

<sup>22</sup> [70/220/EWG] Anh. VI, Ziff. 4.2.2.1.

<sup>23</sup> vgl. [70/220/EWG] Anh. VI, Ziff. 4.2.

<sup>24</sup> vgl. [692/2008] Anh. VI, Ziff. 2.1.

ausgestattete Kabine zu verwenden.<sup>25</sup> Eine solche Kabine für die Bestimmung von Heißabstellverlusten benötigt kein Temperaturregelungssystem für die Veränderung der Kabineninnentemperatur während der Messung und somit kein veränderliches Volumen. Eine derartige Kabine entspricht, abgesehen von der Möglichkeit zur Aufheizung bis 40,6 °C (105 F) vor dem Messbeginn, weitestgehend einer vor 1998 in Europa für PKW eingesetzten Anlage.<sup>26</sup>

#### b. Kohlenwasserstoff-Analysator

Die Messung der Kohlenwasserstoffkonzentration erfolgt mittels Flammenionisationsdetektor (FID). Das zu analysierende Gas wird meist seitlich aus der Kabine entnommen und durch eine beheizte Leitung in den Analysator geführt. Das Messprinzip des Analysators beruht auf der Ionisation organisch gebundener Kohlenstoffatome in einer Wasserstoffflamme. In der Messzelle sind über der Wasserstoffflamme zwei Elektroden angeordnet, an denen eine hohe Gleichspannung anliegt. Das ionisierte Messgas lässt einen geringen Strom zwischen den beiden Elektroden mit der Potentialdifferenz fließen. Dieser Messstrom ist annähernd proportional zur Anzahl der Kohlenstoffatome. Die Wirkung des zu messenden Gases wird mit der eines Gases bekannter Konzentration verglichen. Aus diesem Vergleich wird der Messwert errechnet.

Das Verfahren ist dazu geeignet, die in den Kohlenwasserstoffen gebundenen Kohlenstoffatome in einem Gas zu bestimmen. Das Ergebnis wird in Teilchen pro Million ausgegeben.

#### c. Zusatzausrüstung für die Bestimmung der Tankatmungsverluste bei Motorrädern

Nach der in Kalifornien derzeit für Motorräder geltenden Methode zur Bestimmung der Tankatmungsverluste erfolgt eine Erwärmung des Kraftstoffes bei gleichbleibender Kabinentemperatur.<sup>27</sup> Daher ist es möglich, die Tankatmungsverluste von Motorrädern in einer einfacheren, grundsätzlich für die Bestimmung von Heißabstellverlusten ausgelegten Anlage zu ermitteln. Um die Bestimmung der Tankatmungsverluste durchführen zu können, ist jedoch ein zusätzliches System zur Erwärmung des Kraftstoffbehälters bestehend aus zwei

---

<sup>25</sup> vgl. [CARB 2009] PART III, section A, item 3.

<sup>26</sup> vgl. [91/441/EWG] Anh. VI, Ziff. 4.2.

<sup>27</sup> [CARB 2009] PART IV, item 4. (iii)

unabhängig geregelten Wärmequellen erforderlich, wobei über einen Regelkreis der flüssige Kraftstoff erwärmt wird und über den anderen der obere Bereich des Tanks, in dem sich das Luft- Kraftstoffdampfgemisch befindet. Als Wärmequellen dienen häufig elektrische Heizstreifen, die außen am Tank angebracht werden. Die Wärmequellen dürfen weder den flüssigen Kraftstoff noch die Gase im Tank lokal überhitzen, um eine überdurchschnittliche Ausgasung zu vermeiden. Für die Erwärmung des Kraftstoffes müssen die Heizstreifen mindestens zehn Prozent der vom Kraftstoff bedeckten Tankoberfläche abdecken. Weiters müssen diese möglichst waagrecht angeordnet werden und deren Mitte muss unter dem Niveau von 30 Prozent des Füllstandes liegen. Die Wärmequellen für das Luft- Kraftstoffdampfgemisch sollen auf zentraler Höhe des Gasvolumens angebracht werden. Die für die Regelungen nötigen Temperaturmessstellen sollen im Gasbereich als auch im Kraftstoffbereich möglichst mittig und mindestens 25,4 mm von jeder beheizten Oberfläche entfernt angebracht werden. Werden mehrteilige oder unsymmetrische Tanks verwendet, ist jedes Volumen mit den entsprechenden Sensoren auszustatten und es sind Temperaturmittelwerte zu bilden. Bei symmetrischen Tanks genügt es meist, in Absprache mit der Behörde, nur eine Tankhälfte mit Temperatursensoren auszustatten. Wenn erforderlich, kann ebenfalls unter Absprache eine alternative, vom Fahrzeughersteller bereitgestellte Vorrichtung zur Erwärmung des Kraftstoffes eingesetzt werden.<sup>28</sup>

#### d. System zur kontinuierlichen Aufzeichnung

Mit diesem sind zusätzlich zu den Konzentrationswerten aus dem Analysator die Messwerte für Luftdruck, Kabinendifferenzdruck, Luftfeuchte, der Kabinentemperaturmittelwert aus zwei seitlich angeordneten Temperaturmessstellen und gegebenenfalls die Tanktemperaturen festzuhalten.

### 1.3.5. Kalibrierung und Justierung

#### a. Analysator

Der Analysator wird jeweils kurz vor der Anfangs- und Endmessung justiert. Je nach Ausführung kann der Analysator einen oder mehrere Messbereiche aufweisen. Für den Messbereichsanfang wird eine sogenannte Synthetische Luft,

---

<sup>28</sup> vgl. [CARB 2009] PART IV, item 3.

welche zu 80 % aus Stickstoff und zu 20 % aus Sauerstoff besteht, in den Analysator geleitet. Dieser Wert dient als Nullpunkt jedes Messbereichs. Zur Justierung der oberen Bereichsenden wird ein entsprechendes Gemisch aus Synthetischer Luft und dem Alkan Propan ( $C_3H_8$ ) in den Analysator geleitet. Zwischen den beiden Punkten, die für die Justierung eines Messbereiches verwendet werden, arbeitet der Analysator weitestgehend linear. Bei der Verwendung der angezeigten Werte in ppm ist darauf zu achten, ob diese vom Analysator als Vergleich mit der Anzahl der Propanmoleküle oder mit der Anzahl der einzelnen Kohlenstoffatome des Propans ausgegeben werden, da im Fall einer irrtümlichen Verwendung die berechnete Masse um den Faktor drei falsch ist.

#### b. Weitere Messgeräte

Temperatur-, Druck- und Feuchtemessgeräte müssen nicht jeweils vor der Messung kalibriert bzw. justiert werden. Dies erfolgt im Zuge regelmäßig durchgeführter Wartungen.

#### c. Gesamtanlage

Bei der Gesamtanlage erfolgt eine Ermittlung der Hintergrundemissionen der leeren Kabine sowie eine Kalibrierung der Kabine und Prüfung auf das Kohlenwasserstoff-Rückhaltevermögen. Die Abläufe und Häufigkeiten der Prüfungen sind in allen in dieser Arbeit behandelten Richtlinien ähnlich definiert.<sup>29</sup>

Die Ermittlung der Hintergrundemission wird bei einer fest eingestellten erhöhten Temperatur über einen Zeitraum von vier Stunden durchgeführt. Die Überprüfung erfolgt zumindest einmal jährlich oder nachdem in der Kabine Tätigkeiten durchgeführt wurden, die die Hintergrundemission beeinflussen können.

Die Kalibrierung der Kabine und die Prüfung auf das Kohlenwasserstoff-Rückhaltevermögen sind in einem Ablauf zusammengefasst. Die Kalibrierung liefert eine Kontrolle des berechneten Kabinenvolumens und bestätigt die Funktion der gesamten Anlage. Die Prüfung auf das Kohlenwasserstoff-Rückhaltevermögen dient zur Ermittlung möglicher Undichtigkeiten der Kabine. Zu Beginn des Ablaufs werden die Anfangswerte gemessen. Danach wird eine bestimmte Masse Propan

---

<sup>29</sup> vgl. [CARB 2009] PART III, Section B, Item 1.; [CFR B2009] § 86.117–96; [70/220/EWG] Anh. VI, Anl. 1; [692/2008] Anh. VI, Ziff. 2.; [ECE R83] Annex 7, Appendix 1.

in die verschlossene Kabine geleitet. Nach einer definierten Zeit für die Durchmischung des Kabineninhalts werden die Endwerte für die Kalibrierung gemessen. Der berechnete Massenwert muss auf  $\pm 2\%$  mit der eingebrachten Propanmasse übereinstimmen. Die Endwerte der Kalibrierung dienen gleichzeitig als Startwerte für die Prüfung auf das Kohlenwasserstoff-Rückhaltevermögen. Nach einem 24 Stunden dauernden Temperaturverlauf werden die Endwerte für die Prüfung der Kabine auf das Kohlenwasserstoff-Rückhaltevermögen gemessen. Die damit berechnete Kohlenwasserstoffmasse darf nicht mehr als  $\pm 3\%$  von der zuvor ermittelten Masse abweichen.

Bei Kabinen, die nur für die Bestimmung der Verdunstungsverluste beim Heißabstellen ausgelegt sind, erfolgt die Prüfung des Kohlenwasserstoff-Rückhaltevermögens bei vierstündig konstant erhöhter Temperatur.<sup>30</sup>

#### **1.3.6. Messablauf**

Eine Messung setzt sich allgemein zusammen aus

- der Vorbereitung des Fahrzeuges,
- einer Konditionierung des Fahrzeuges durch Absolvierung von Fahrzyklen und
- der Bestimmung(en) von Verdunstungsemissionen.

Die genaue Abfolge ist von den entsprechenden gesetzlichen Regelungen abhängig. In Abschnitt 2.2.3. erfolgt eine detaillierte Beschreibung des in Kalifornien für Motorräder vorgeschriebenen Ablaufs. Die Abstell- und Wartezeiten bei den mehrere Tage andauernden Abläufen sind in großen Bereichen definiert, damit die Arbeitspakete zweier aufeinanderfolgender Tage jeweils Vor- oder Nachmittags ausgeführt werden können. Zur Verringerung des Gesamtaufwands ist meist vorgesehen, dass bei den Fahrzyklen auch eine Bestimmung der Abgasemissionen erfolgt.

#### **1.3.7. Ermittlung des Messergebnisses**

Aus den vorhandenen Anfangs- und Endmesswerten von Konzentration, Kabinenluftdruck und Kabinentemperatur wird unter Einbeziehung des

---

<sup>30</sup> vgl. [CARB 2009] PART III, section B, item 1.2.5.



Kabinenvolumens mit einer gesetzlich festgelegten Formel die während der Messung emittierte Kohlenwasserstoffmasse errechnet.<sup>31</sup>

$$M_{HC} = k \times V \times 10^{-4} \times \left( \frac{C_{HC,f} \times P_f}{T_f} - \frac{C_{HC,i} \times P_i}{T_i} \right) + M_{HC, out} - M_{HC, i} \quad (1.1)$$

- $M_{HC}$  = Emittierte Masse von Kohlenwasserstoffen in Gramm
- $M_{HC, out}$  = Die aus der Kabine austretende Masse an Kohlenwasserstoffen bei Kabinen mit festem Volumen für die Tankatmungsprüfung
- $M_{HC, i}$  = Die in die Kabine eintretende Masse an Kohlenwasserstoffen bei Kabinen mit festem Volumen für die Tankatmungsprüfung
- $C_{HC}$  = die in der Kabine gemessene Kohlenwasserstoff-Konzentration (ppm als C<sub>1</sub>-Äquivalent)
- $V$  = Nettovolumen der Kabine in Kubikmetern, korrigiert um das Fahrzeugvolumen bei abgesenkten Fensterscheiben und geöffnetem Gepäckraum.
- Wenn das Volumen des Fahrzeugs nicht bestimmt ist, wird bei PKW ein Volumen von 1,42 m<sup>3</sup> und bei Motorrädern ein Volumen von 0,142 m<sup>3</sup> abgezogen
- $T$  = Temperatur der Umgebungsluft in der Kabine in K
- $P$  = Umgebungsluftdruck in kPa
- $k$  =  $1,2 \cdot (12 + H/C)$ ;  $H/C$  ist das Verhältnis Wasserstoff/Kohlenstoff und ist für die jeweilige Messung bzw. Prüfung festgelegt.

In der Klammer bezeichnet *i* die Anfangswerte und *f* die Endwerte.

### 1.3.8. Messunsicherheit

Den größten Anteil bei der Abschätzung der Gesamtmessunsicherheit liefert die Analyse. Neben den Analysenungenauigkeiten der verwendeten Kalibriergase sind weitere verschiedene Werte für Drifts, Empfindlichkeiten und mögliche Linearitätsabweichungen des Analysators zu berücksichtigen. Weiters müssen die

---

<sup>31</sup> vgl. [CARB 2009] PART III, section D, item 11.; [CFR B2009] § 86.143–96; [70/220/EWG] Anh. VI, Ziff. 6.; [692/2008] Anh. VI, Ziff. 2.; [ECE R83] Annex 7, Ziff. 6.

möglichen Abweichungen bei der Berechnung des Innenvolumens der Kabine abzüglich aller Einbauten und die möglichen Messunsicherheiten der Temperatur- und Druckmessung in die Berechnung der Gesamtmessunsicherheit einbezogen werden.

Als Ergebnis der Abschätzung der Gesamtmessunsicherheit sind mögliche Abweichungen vom Messwert im höheren einstelligen Prozentbereich zu erwarten.

## 2. GESETZE UND RICHTLINIEN

### 2.1. Exkurs: Entwicklung der PKW Richtlinien

#### 2.1.1. Gesetzliche Entwicklung in Kalifornien

Bereits 1959 wurde in Kalifornien die Messung von Schadstoffen im Abgas vorgeschrieben. 1967 wurde zur Weiterentwicklung der Vorschriften das California Air Resources Board (CARB) gegründet. Erst drei Jahre später folgte mit der U.S. Environmental Protection Agency (EPA) eine nationale Behörde. Kalifornien war danach weiterhin berechtigt, neue Standards bei der Emissionsbegrenzung einzuführen. Diese wurden oftmals in ähnlicher Form in nationalen Vorschriften übernommen. Wenn bereits nationale EPA Dokumente bestehen, werden CARB Dokumente so verfasst, dass sie eine Erweiterung dieser in einer festgelegten Fassung darstellen.

Die gesetzliche Basis für die Bestimmung der Verdunstungsemissionen ist im "CALIFORNIA CODE OF REGULATIONS"<sup>32</sup> unter § 1976. Standards and Test Procedures for Motor Vehicle Fuel Evaporative Emissions enthalten. Die detaillierte Beschreibung der Grenzwerte, Verfahren und Methoden erfolgt in separaten Dokumenten.

1975 wurde hierfür das Dokument "California Evaporative Emission Standards and Test Procedures for 1978 and Subsequent Model Liquefied Petroleum Gas- or Gasoline- or Methanol-Fueled Motor Vehicles"<sup>33</sup> ausgegeben. Die darin enthaltene Bestimmung der Tankatmungsverluste sah eine einstündige Erwärmung des Kraftstoffes mit einem elektrischen Heizelement vor. Erst in einer späteren Neuauflage des Dokuments mit dem Titel "California Evaporative Emission Standards and Test Procedures for 1978 and Subsequent Model Motor Vehicles"<sup>34</sup> wurde für Fahrzeuge ab dem Modelljahr 1995 ein 24-stündiger Umgebungstemperaturverlauf vorgeschrieben, welcher bei der Messung zwei oder drei Mal zu wiederholen ist.

---

<sup>32</sup> [CCR 2010]

<sup>33</sup> vgl. [CARB 1990]

<sup>34</sup> vgl. [CARB 1997] section 4., item g.x.

Mit der Umsetzung des zweiten Low Emission Vehicle Programms<sup>35</sup> wurde dieses Dokument in "California Evaporative Emission Standards and Test Procedures for 1978 Through 2000 Model Motor Vehicles"<sup>36</sup> umbenannt und ein Nachfolgedokument "California Evaporative Emission Standards and Test Procedures for 2001 and Subsequent Model Motor Vehicles"<sup>37</sup> eingeführt.

Dieses Dokument enthält die derzeit gültigen Vorschriften. Es basiert auf den Subparts A and B idF v. 1. Juli 1989 und dem Subpart S idF v. 4. Mai 1999 des nationalen Code of Federal Regulations, Title 40, Part 86.<sup>38</sup>

Im kalifornischen Dokument wird auf weitere zutreffende Paragraphen im nationalen Gesetz verwiesen. Problematisch dabei ist, dass in aktuellen Ausgaben des CFR alte Paragraphen, die auf nationaler Ebene keine Relevanz mehr haben, nicht mehr enthalten und vergangene Ausgaben des CFR nur schwer zugänglich sind.

### **2.1.2. Gesetzliche Entwicklung in Europa**

Erst zu Beginn der neunzehnhundertneunziger Jahre wurde in Europa erstmals die Bestimmung der Verdunstungsemissionen für Personenkraftwagen vorgeschrieben. Analog zu den bereits bestehenden Methoden für die Bestimmung der Tankatmungsverluste bei Personenkraftwagen in den USA sah die Richtlinie 91/441/EWG vom 26. Juni 1991 eine Aufheizung des Kraftstoffbehälters mittels eines elektrischen Heizelementes vor. Bei der eine Stunde dauernden Messung wurde der Kraftstoff von 289 K (15,85 °C) gleichmäßig um 14 K erwärmt. Für die Regelung musste der Kraftstoffbehälter mit einem Temperaturfühler ausgerüstet werden, welcher sich bei 40 % Befüllung im Mittelpunkt des Kraftstoffs befand.<sup>39</sup> Anders als bei der in Abschnitt 2.2.3. beschriebenen Methode für Motorräder wurde bei der Aufheizung der PKW Kraftstoffbehälter die Gasphase nicht separat beheizt.

Wie bereits in Abschnitt 1.3.4. beschrieben, wurde die einstündige Bestimmung der Tankatmungsverluste mit Umsetzung der Abgasnorm Euro 3 ab dem Jahr 1998

---

<sup>35</sup> [LEVII 1999]

<sup>36</sup> [CARB 1999]

<sup>37</sup> [CARB 2009]

<sup>38</sup> vgl. [CARB 2009] preamble

<sup>39</sup> vgl. [91/441/EWG] Anh. VI, Ziff. 5.1.8.

durch eine Methode mit einem 24-stündigen Umgebungstemperaturverlauf<sup>40</sup> ersetzt.

## **2.2. In Kalifornien derzeit geltende Abläufe für Motorräder**

### **2.2.1. Gesetze und Vorschriften**

Die Gesetze und Vorschriften für Motorräder sind Teil der in Abschnitt 2.1.1. aufgeführten Dokumente, welche auch für Personenkraftwagen gültig sind. Im Unterschied zu den Vorschriften für PKW haben sich die Abläufe, welche die Motorräder betreffen, von der erstmaligen Einführung bis heute nicht wesentlich geändert.<sup>41</sup>

### **2.2.2. Emissionsgrenzwerte**

In allen kalifornischen Emissionsvorschriften werden Motorräder abhängig vom Gesamthubvolumen in folgende drei Klassen eingeteilt:

Klasse I: 50 - 169 Kubikzentimeter

Klasse II: 170 - 279 Kubikzentimeter

Klasse III: Über 280 Kubikzentimeter

Bei der Einführung der Vorschriften wurden die zulässigen Emissionsmassen in Abhängigkeit von der Fahrzeugklasse wie in Abbildung 2.1.<sup>42</sup> dargestellt festgelegt. Im derzeit gültigen Folgedokument sind maximal 2.0 Gramm pro Messung als Emissionsgrenzwert für neue Motorräder aller drei Klassen angeführt.<sup>43</sup>

---

<sup>40</sup> [70/220/EWG] Anh. VI, Anl. 2

<sup>41</sup> vgl. [CARB 1990] item 8.c.; [CARB 1999] item 8.c.; [CARB 2009] PART IV, item 4.

<sup>42</sup> [CARB 1997] section E, item 2.

<sup>43</sup> [CARB 2009] PART I, section E, item 2.

<i>Motorcycle Class</i>	<i>Model Year</i>	<i>Hydrocarbons (grams per test)</i>
Class I and II (50-279 cc)	1983 and 1984	6.0
	1985 and subsequent	2.0
Class III (280 cc and larger)	1984 and 1985	6.0
	1986 and subsequent	2.0
Class III (280 cc and larger) (Optional Standard for Small- Volume Motorcycle Manufacturers)	1986-1988	6.0

**Abbildung 2.1.: Emission Standards for Motorcycles**

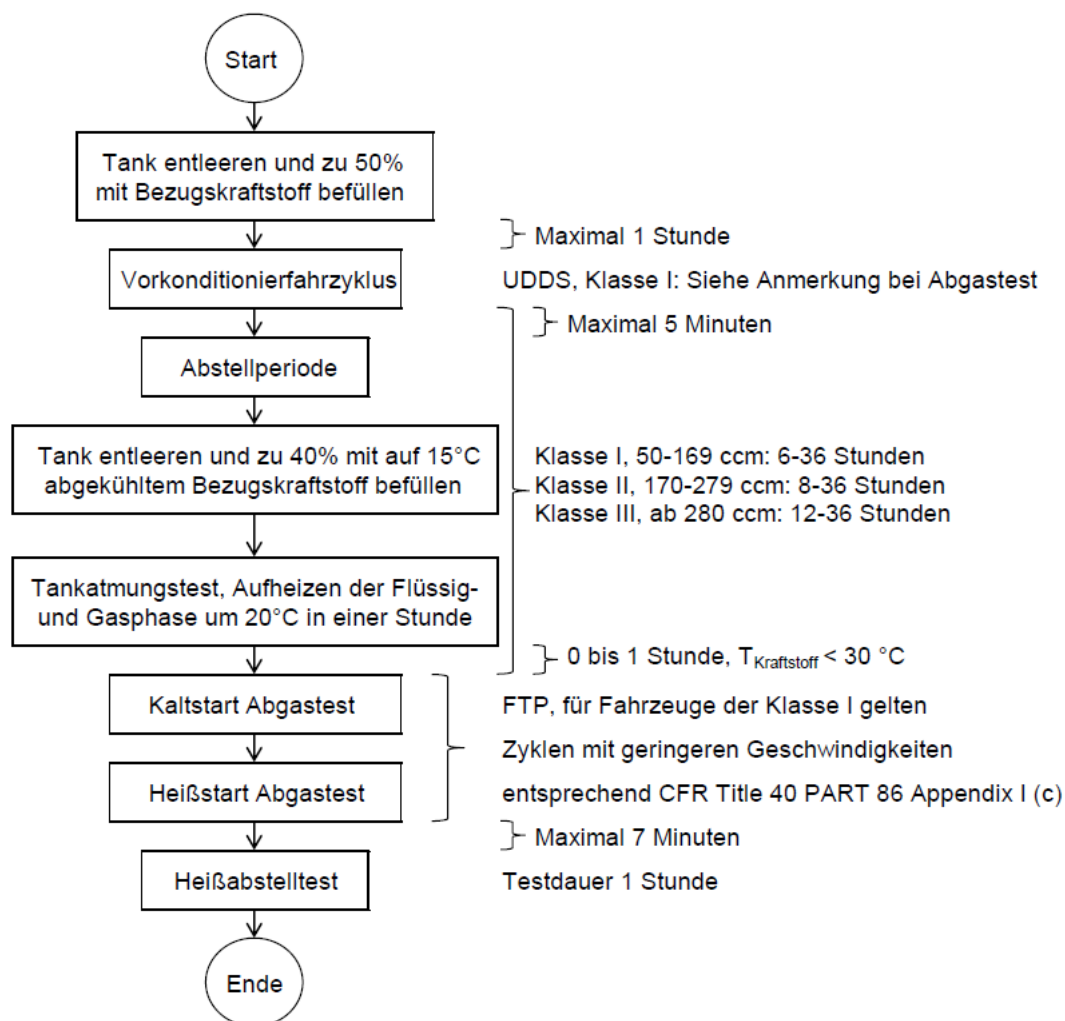
### 2.2.3. Das Messverfahren

Da die Fahrzeuge für die Einhaltung der Grenzwerte mit einer Anlage zur Begrenzung von Verdunstungsemissionen ausgerüstet sein müssen, wird in der Beschreibung des Ablaufes davon ausgegangen, dass die zu prüfenden Fahrzeuge mit einer Aktivkohlefaller ausgestattet sind.

Die Abbildung 2.2. zeigt eine erweiterte Darstellung der Figure B10-78.<sup>44</sup> Der gesamte §86.130-78, in dem die originale Abbildung enthalten ist, ist Teil einer ehemaligen Vorschrift für mehrspurige Fahrzeuge.

---

<sup>44</sup> vgl. [CFR B1989] § 86.130–78, item (b)



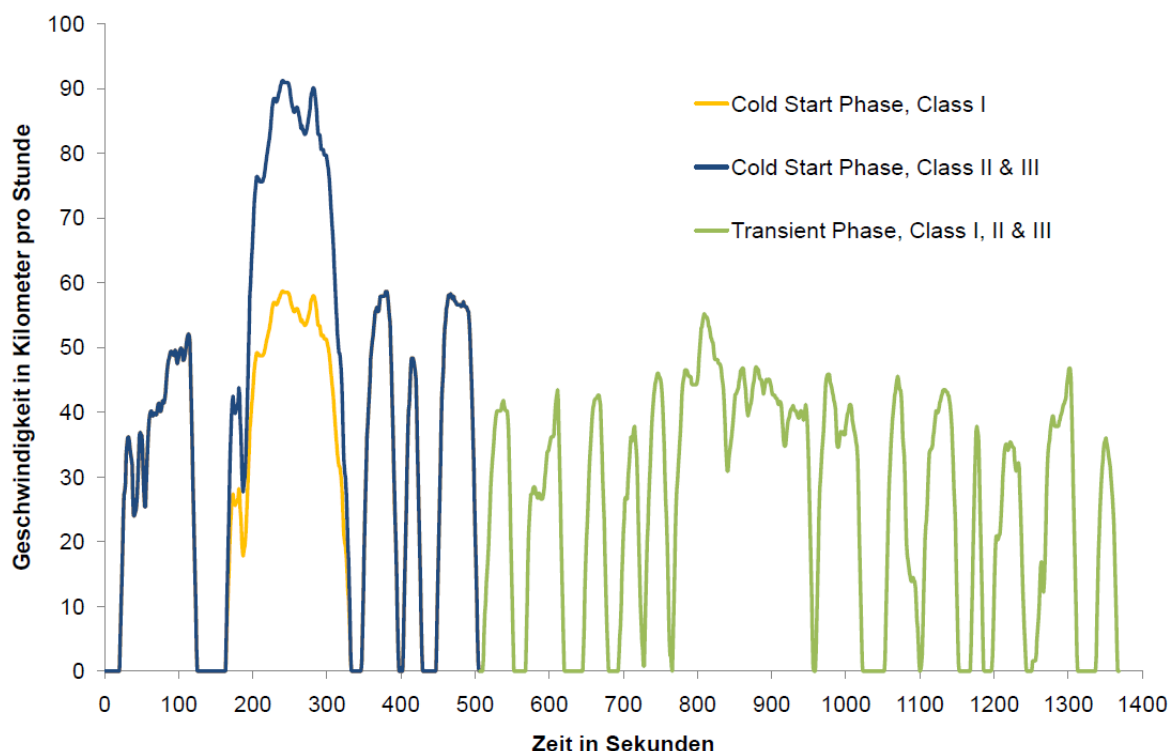
**Abbildung 2.2.: Ablauf des CARB Messverfahrens**

Zu Beginn des Ablaufes wird der Tank des Fahrzeuges entleert und zu 50 % mit Bezugskraftstoff befüllt. Anschließend wird das Fahrzeug auf den Fahrleistungsprüfstand gebracht. Der erste zu fahrende Fahrzyklus ist ein EPA UDDS<sup>45</sup> (Urban Dynamometer Driving Schedule). Für Fahrzeuge der Klasse I gilt ein Kaltstartteil mit reduzierter Geschwindigkeit.<sup>46</sup> Während des ersten Fahrzyklus werden keine Abgasemissionen bestimmt. Dieser Zyklus soll definierte Ausgangsbedingungen für den weiteren Ablauf herstellen. Dabei wird der beim Kraftstoffwechsel in der Kraftstoffversorgungsanlage verbliebene Tankstellenkraftstoff der Verbrennung zugeführt und die Aktivkohlefaller während des Fahrbetriebes mit Umgebungsluft gespült. Falls nötig, kann dieser

<sup>45</sup> [UDDS 2005] Appendix I b)

<sup>46</sup> [UDDS 2005] Appendix I c)

erste Zyklus auch dazu genutzt werden, den Fahrwiderstand für das Fahrzeug anzupassen.



**Abbildung 2.3.: EPA Urban Dynamometer Driving Schedule**

Nach dem Vorkonditionierfahrzyklus muss das Fahrzeug innerhalb von 5 Minuten bei 20 - 30 °C im Abstellbereich geparkt werden. Die Mindestdauer der Abstellperiode ist von der Hubraumklasse des Fahrzeuges abhängig.<sup>47</sup>

In dieser Abstellperiode findet die Bestimmung der Tankatmungsverluste statt. Bei dieser wird mit der in Abschnitt 1.3.4.c. beschriebenen Ausrüstung die Erwärmung des Kraftstoffs und der über dem Kraftstoff befindlichen Gasphase im Kraftstofftank durchgeführt. Kurz vor Beginn der Messung wird der Fahrzeugtank entleert und zu  $40 \pm 2,5$  % mit gekühltem Bezugskraftstoff<sup>48</sup> gefüllt.

<sup>47</sup> [CFR F2009] § 86.532–78

<sup>48</sup> [CARB Exh 2010] PART II, section A, item 100.3.1 ...zitiert in... [CARB 2009] PART III, section F, item 4. (iii)



Die Solltemperaturverläufe für die Erwärmung sind mit folgenden Formeln zu berechnen:<sup>49</sup>

$$T_f = \left(\frac{1}{3}\right) \times t + 15,5 \text{ °C} \quad (2.1)$$

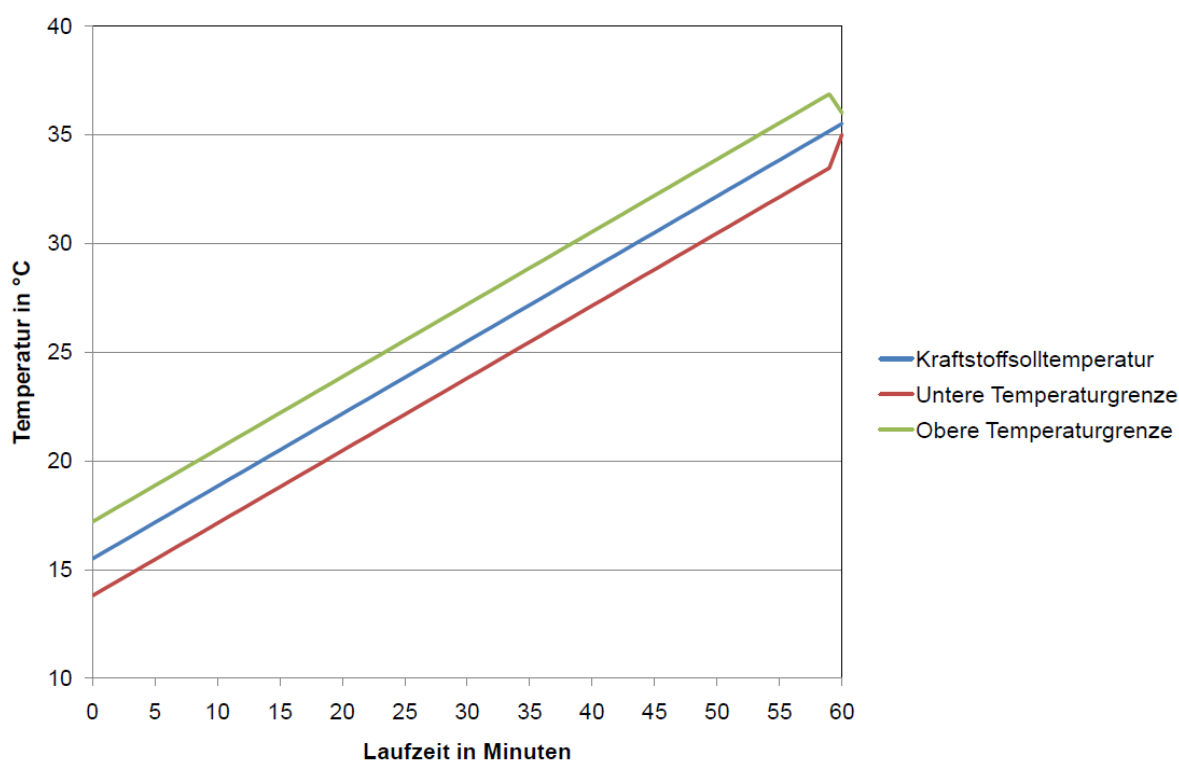
$$T_v = \left(\frac{1}{3}\right) \times t + 21,0 \text{ °C} \quad (2.2)$$

$T_f$  = Kraftstofftemperatur in Grad Celsius

$T_v$  = Gastemperatur in Grad Celsius

$t$  = Zeit in Minuten ab Beginn der Messung

Die Erwärmung soll möglichst linear erfolgen. Beide Regelkreise müssen so ausgelegt sein, dass die Temperierung mit Abweichungen von maximal  $\pm 1,7 \text{ °C}$  erfolgen kann. Die Endtemperatur des Kraftstoffes muss  $35,5 \pm 0,5 \text{ °C}$  betragen.

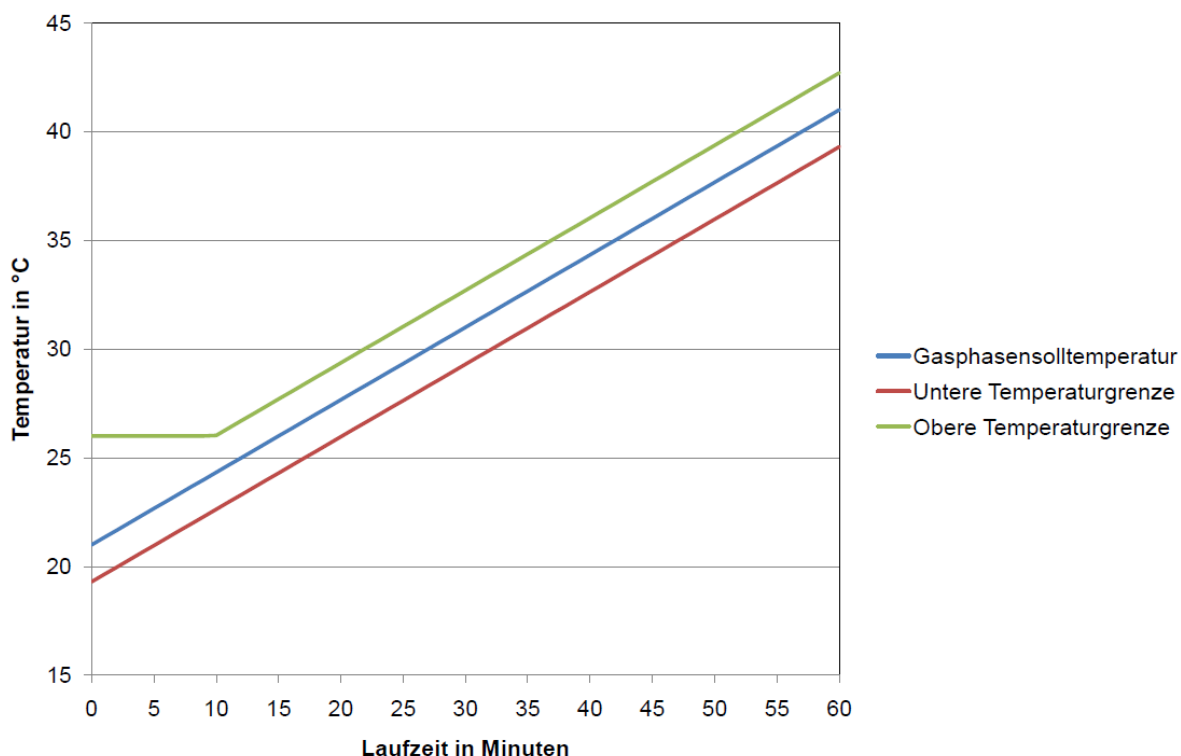


**Abbildung 2.4.: Kraftstoffsolltemperaturverlauf**

Die Starttemperatur der Gasphase im Tank kann um  $5 \text{ °C}$  über der Solltemperatur von  $21 \text{ °C}$  liegen. In diesem Fall darf die Gasphase zu Beginn der Messung nicht

<sup>49</sup> [CARB 2009] PART IV, item 4. (iii)

beheizt werden. Der Solltemperaturverlauf der Gasphase und die Temperaturgrenzen sind in Abbildung 2.5. dargestellt.



**Abbildung 2.5.: Gasphasensolltemperaturverlauf**

Wenn die Aktivkohlefaller während des ersten Fahrzyklus ausreichend gespült wurde, sollte sie in der Lage sein, die im Verlauf der Messung aus dem Fahrzeugtank und gegebenenfalls aus den Schwimmerkammern austretenden Kraftstoffdämpfe aufzunehmen.

Nach dem Ende der Bestimmung der Tankatmungsverluste erfolgt innerhalb einer Stunde der Beginn der Abgasmessung. Es ist dafür zu sorgen, dass die Kraftstofftemperatur zu Beginn der Abgasmessung nicht mehr als 30 °C beträgt.

Der bei der Abgasmessung verwendete Fahrzyklus FTP (Federal Test Procedure) stellt eine Erweiterung des in Abbildung 2.3. dargestellten UDDS Zyklus dar.<sup>50</sup> Nach einem vollständigen UDDS Zyklus erfolgt eine zehnminütige Pause. Am Ende dieser Pause werden erneut die ersten 505 Sekunden eines UDDS Zyklus gefahren. Diese Phase wird Heißstartphase genannt.

Im Anschluss an den Fahrzyklus FTP wird das Fahrzeug in den Bereich der Kabine zur Messung der Verdunstungsemissionen gebracht, wobei anders als bei

<sup>50</sup> vgl. [CFR F2009] § 86.537–90

mehrspurigen Fahrzeugen bereits am Fahrleistungsprüfstand der Motor des Fahrzeuges abzustellen ist. Maximal sieben Minuten nach Beendigung des Fahrzyklus erfolgt der Beginn der Bestimmung der Heißabstellverluste. Die Kabineninnentemperatur während der Messung muss 20 °C bis 30 °C betragen. Wenn eine Kabine ohne Temperiermöglichkeit für diese Messung verwendet wird, so steigt die Kabinentemperatur während der einstündigen Messung an. Hierbei ist dafür zu sorgen, dass die Anfangstemperatur niedrig genug ist, um im Verlauf der Messung unter 30 °C zu bleiben.

Bei einer temperierbaren Kabine kann eine konstant geregelte Temperatur verwendet werden. Oft wird hierfür 25 °C eingestellt.

Mit dem Ende der Bestimmung der Heißabstellverluste ist das gesamte Verfahren abgeschlossen.

Die aus der Bestimmung der Tankatmungsverluste und der Bestimmung der Heißabstellverluste ermittelten Massenwerte werden addiert.

Die berechnete Gesamtmasse wird mit dem geltenden Grenzwert entsprechend Abschnitt 2.2.2. verglichen.

Kommt es bei dem selben Fahrzeug zur Wiederholung des gesamten Verfahrens, so kann der erste Kraftstoffwechsel entfallen, da das Fahrzeug bereits mit Bezugskraftstoff gefahren wurde.

#### **2.2.4. Alternative Temperaturverläufe für die Tankerwärmung**

Bereits 1980 wurde in einem Brief vom ARB an die Fahrzeughersteller beschrieben, wie bei einem alternativen Tankdesign vorgegangen werden kann.<sup>51</sup> Im Schreiben war eine Anleitung für die Ermittlung eines realen Temperaturverlaufes enthalten. Dieser Verlauf durfte anstelle der einstündigen linearen Heizphase für die Bestimmung der Tankatmungsverluste verwendet werden. Hierzu wurde das mit einem alternativen Tankdesign ausgestatte Fahrzeug an mehreren kalifornischen Sommertagen mit Höchstwerten um 33,3 °C im Außenbereich aufgestellt. Die aufgezeichneten Temperaturverläufe vom Kraftstoff und der Gasphase durften zur Vereinfachung mit skaliert Zeitachse für die Messung verwendet werden. In den heute gültigen Regelungen wird diese

---

<sup>51</sup> [MAC 1980]

Möglichkeit nicht explizit erwähnt. Weiters ist mir nicht bekannt, dass derzeit ein Hersteller bei seinen Messungen einen entsprechend dieses Schreibens ermittelten Temperaturverlauf verwendet.

### 2.2.5. Dauerhaltbarkeit emissionsmindernder Einrichtungen

Die Fahrzeughersteller müssen sicherstellen, dass die Anlage zur Begrenzung von Verdunstungsemissionen über eine für die jeweilige Fahrzeugklasse festgelegte Distanz funktioniert.<sup>52</sup> Da dies ebenso wie bei der Überprüfung der Abgasemissionen der Fall ist, werden die Messungen am Versuchsfahrzeug üblicherweise wie in Abbildung 2.2. dargestellt kombiniert durchgeführt.<sup>53</sup> Aus den bis zur Total Test Distance erfolgten Messung wird nach der Methode der kleinsten Quadrate eine Regressionsgerade errechnet.<sup>54</sup> Die zu erwartenden Emissionen bei der Useful Life Distance werden entgegen der Gültigkeitsregel von Regressionsgeraden<sup>55</sup> entsprechend der errechneten Geraden extrapoliert. Der extrapolierte Massenwert darf nicht über dem vorgeschriebenen Grenzwert<sup>56</sup> liegen.

Displacement Class	Engine Displacement Range (cc)	Total Test Distance (km)	Useful Life Distance (km)
I	50-169	6,000	12,000
II	170-279	9,000	18,000
III	280 and greater	15,000	30,000

**Abbildung 2.6.: Test distances for DURABILITY DEMONSTRATION**

Die Kraftstoffbehälter der für die Überprüfung der Dauerhaltbarkeit verwendeten Fahrzeuge werden vor der ersten Messung mit den für die Bestimmung der Tankatmungsverluste notwendigen Temperaturmessstellen ausgestattet und sind über die gesamte Testdistanz mit diesen in Betrieb.

<sup>52</sup> [CARB 2009] PART II, section B, item 1.

<sup>53</sup> [CARB 2009] PART II, section B, item 1.1. (ii) und [CFR E2009] § 86.427-78, item (b)

<sup>54</sup> [CARB 2009] PART II, section B, item 1.1. (iii)

<sup>55</sup> vgl. [Storm 1997] S. 130

<sup>56</sup> s. Abschnitt 2.2.2., S. 21

### 2.3. Gemeinsamkeiten der Abläufe

Es lässt sich zusammenfassen, dass die ersten Richtlinien für Personenkraftwagen in Europa und den USA grundlegend den selben Ablauf vorsahen, wie er heute noch für die Bestimmung von Verdunstungsemissionen bei Motorrädern in Kalifornien verwendet wird:

- Vorbereitungen für die Messung und Herstellung eines definierten Ausgangszustandes,
- Fahrzyklus zum Spülen der Aktivkohlefalle,
- Bestimmung der Tankatmungsverluste beim Aufheizen des Kraftstoffbehälters,
- Fahrzyklus zum Aufwärmen des Fahrzeuges und Spülen der Aktivkohlefalle,
- Bestimmung der Verdunstungsverluste beim Heißabstellen.

Aktuelle Richtlinien für Personenkraftwagen beinhalten eine geänderte Reihenfolge für die Bestimmung der Verdunstungsverluste:

- Vorbereitungen für die Messung und Herstellung eines definierten Ausgangszustandes,
- Fahrzyklus zum Aufwärmen des Fahrzeuges und Spülen der Aktivkohlefalle  
gegebenenfalls mit Bestimmung der Verdunstungsverluste während des Fahrens,
- Bestimmung der Verdunstungsverluste beim Heißabstellen,
- Bestimmung der Tankatmungsverluste mittels 24-stündiger Temperaturverläufe.

### 2.4. Bestehende Vorschläge für ein Messverfahren in Kalifornien

Am 20. April 2010 fand auf Einladung des California Air Resources Board in El Monte eine öffentliche Tagung statt, bei der ein Vorschlag für zukünftige Vorschriften betreffend Motorräder vorgestellt wurde.<sup>57</sup>

Der Vorschlag beinhaltet zahlreiche Neuerungen im Vergleich zu den gültigen Vorschriften.

So entspricht die Reihenfolge für die Bestimmung der Verdunstungsverluste nun ebenfalls der in Abschnitt 2.3. beschriebenen Reihenfolge für aktuelle PKW Richtlinien, was ebenfalls bedeutet, dass die einstündige Aufheizung des

---

<sup>57</sup> [ARB 2010]

Kraftstoffbehälters für die Bestimmung der Tankatmungsverluste durch eine Tagesemissionsmessung mit drei aufeinanderfolgenden 24-stündigen Umgebungstemperaturverläufen entsprechend der PKW Vorschrift ersetzt werden soll. Weiters wurde der Zeitraum für die Bestimmung der Verdunstungsverluste beim Heißabstellen von 60 auf 90 Minuten ausgedehnt.

Ein wesentlicher Teil des Vorschlages ist eine Running loss Messung, bei der das Fahrzeug während des Betriebes bei einer Umgebungstemperatur von 35 °C zusätzlich mit Wärmestrahlern aufgeheizt werden soll.

Angestrebt wird, dass für die Modelljahre ab 2014 eine neue Regelung auf Basis dieses Vorschlages gelten soll. Eine völlige Umsetzung würde für die Hersteller einen erheblichen Aufwand bedeuten. Somit steht heute noch nicht mit Sicherheit fest, welche Teile des Vorschlages tatsächlich in einer zukünftigen Regelung enthalten sein werden.

## **2.5. Bestehende Vorschläge für Messverfahren in Europa**

### **2.5.1. Vorschlag an die Europäische Kommission**

Bereits in der Richtlinie 2002/51/EG vom 19. Juli 2002 zur Verminderung der Schadstoffemissionen von zweirädrigen und dreirädrigen Kraftfahrzeugen wurden weitere Arbeiten im Bereich Verdunstungsemissionen vorgesehen.<sup>58</sup>

Die Europäische Kommission hat im automotiven Bereich mehrere Arbeitsgruppen eingerichtet, die bei regelmäßig stattfindenden Treffen die Vorarbeit bei der Entwicklung neuer Richtlinien leisten. Diesen Arbeitsgruppen gehören Vertreter nationaler Behörden, der Fahrzeughersteller und unabhängiger Testlabore an. Beim 8. Treffen der MVEG - Motorcycles (Motor Vehicle Emissions Group - Motorcycles) am 23. September 2005 wurde ein Vorschlag für einen zukünftigen Ablauf zur Bestimmung von Verdunstungsemissionen von Motorrädern seitens der Behördenvertreter aus Deutschland, den Niederlanden und Schweden bearbeitet.<sup>59</sup> Dieser Vorschlag, dargestellt in Abbildung 2.7., beinhaltet weitestgehend den zu dieser Zeit gültigen Ablauf für PKW in Europa.<sup>60</sup>

---

<sup>58</sup> vgl. [2002/51/EG] Artikel 8, Ziff. 4.

<sup>59</sup> [MVEG 2005]

<sup>60</sup> vgl. [98/69/EG] Anhang VI, Abbildung VI.1

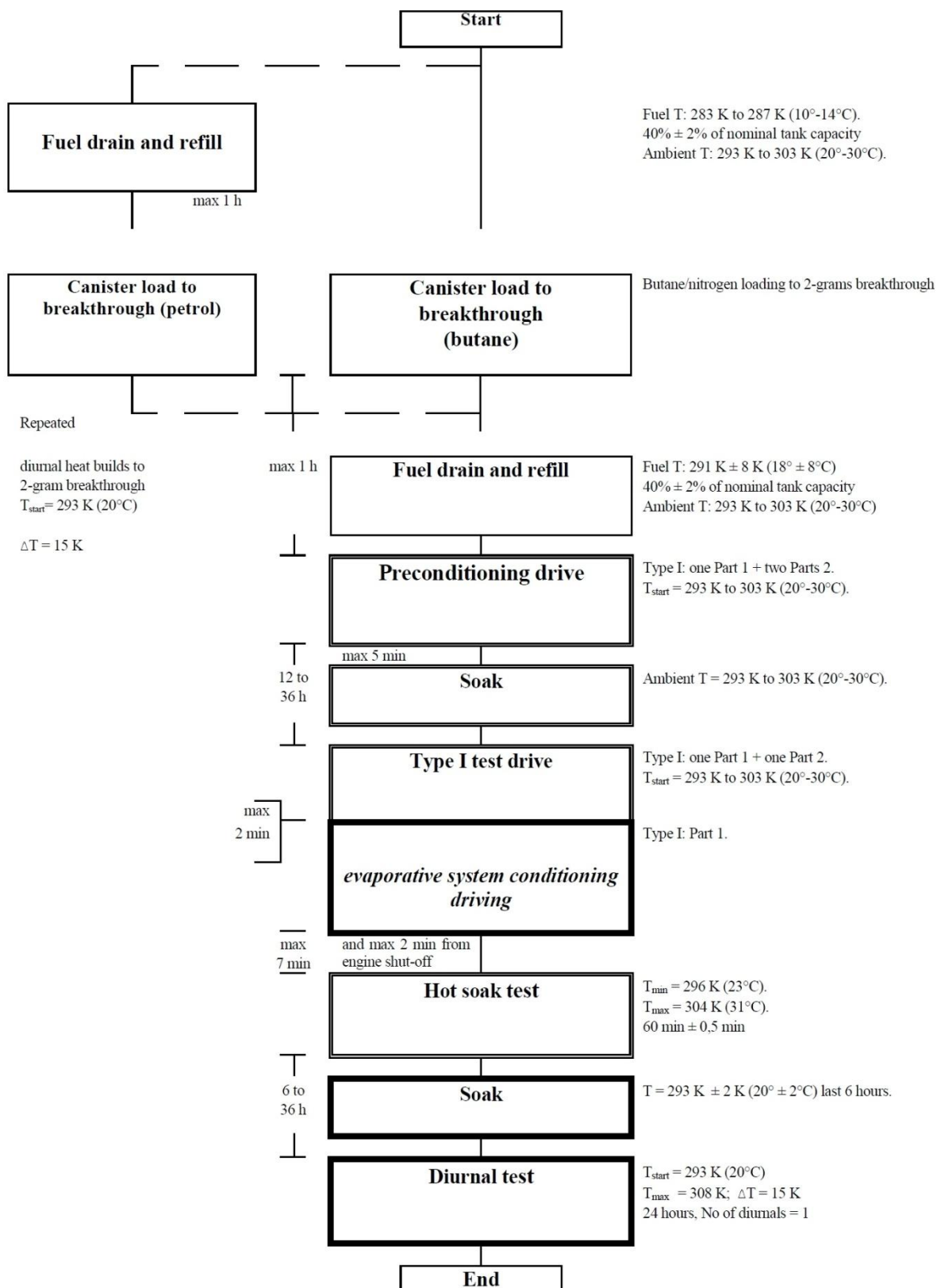


Abbildung 2.7.: Ablauf aus dem German-Dutch-Swedish proposal 2005

Als Grundlage für diesen Vorschlag ist ein Forschungsbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes aus dem Jahr 2000 anzusehen.<sup>61</sup> Bei diesem wurde für die Bestimmung von Verdunstungsemissionen von insgesamt zehn verschiedenen Zweirädern ebenfalls dieser damals erst kurz zuvor für PKW eingeführte Ablauf verwendet.

### **2.5.2. Standpunkt und Vorschlag der europäischen Motorradhersteller**

Der Verband europäischer Motorradhersteller ACEM mit Sitz in Brüssel steht der Bestimmung von Verdunstungsemissionen in zukünftigen europäischen Richtlinien nicht grundlegend ablehnend gegenüber. In einem von der Herstellervereinigung herausgegebenen Dokument "ACEM position on Evaporative Emissions"<sup>62</sup> werden neben der vielfach diskutierten Kosten emissionsmindernder Einrichtungen pro Fahrzeug zwei aus technischer Sicht nennenswerte Punkte genannt. So ist Kalifornien ein großer Markt für hubraumstarke Fahrzeuge. Über die Wirksamkeit emissionsmindernder Einrichtungen bei hubraumschwachen Fahrzeugen, für die es in Europa einen großen Markt gibt, ist wenig bekannt.

Als zweiter Punkt ist angeführt, dass einige Hersteller die Möglichkeit haben, eine Bestimmung der Tankatmungsverluste durch Erwärmung des Kraftstoffbehälters, wie sie in Kalifornien derzeit vorgeschrieben ist, durchzuführen. Jedoch verfügen die Hersteller nicht über Kabinen mit Temperaturregelsystem und Volumenausgleich, wie sie für einen 24-stündigen Umgebungstemperaturverlauf erforderlich sind.

Basierend auf den Möglichkeiten der Hersteller ist in dem genannten Dokument auch ein Vorschlag für einen Messablauf enthalten. Die Bestimmung der Tankatmungsverluste soll, wie bei der in Kalifornien geltenden Regelung, durch Aufheizung des Kraftstoffes ähnlich der in Abbildung 2.4. erfolgen. Die vorgeschlagenen Temperaturen für die ebenfalls einstündige lineare Erwärmung liegen mit einem Startwert von 16 °C und einem Endwert von 30 °C unter denen der kalifornischen Regelung.

---

<sup>61</sup> [UBA 2000]

<sup>62</sup> [ACEM 2005]



Der vorgeschlagene Ablauf gliedert sich wie folgt:

1. Konditionierungsphase:

- Spülen der Aktivkohlefall
- Aufheizen des Tanksystems zur Beladung der Aktivkohlefall
- Fahrzyklus
- Abstellzeit zur Abkühlung

2. Testphase:

- Bestimmung der Tankatmungsverluste durch Erwärmung des Kraftstoffes
- Fahrzyklus
- Bestimmung der Heißabstellverluste

Auch hierbei muss für die geregelte Erwärmung des Kraftstoffes eine Temperaturmessstelle im Tank verbaut werden, wodurch eine zerstörungsfreie Überprüfung unmöglich wird. Wenn es aufgrund hoher Wandstärken der Kunststofftanks nicht möglich ist, den Kraftstoff um die vorgeschlagenen 14 °C zu erwärmen, soll die Erwärmung so nahe wie möglich an der vorgegebenen Geraden liegen. Ein Aufheizen der Gasphase ist in dem Vorschlag nicht vorgesehen.

## 2.6. Harmonisierung fahrzeugtechnischer Vorschriften

Seit langer Zeit wird mit sehr viel Aufwand an weltweit einheitlichen Bestimmungen für die Genehmigungen von Kraftfahrzeugen gearbeitet. So wurde von einer Arbeitsgruppe der UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), der auch die U.S. EPA angehörte, ein Fahrzyklus für Motorräder erarbeitet und in einer globalen technischen Richtlinie ausgegeben.<sup>63</sup> Dieser soll den realen Fahrbetrieb besser nachbilden als bestehende Fahrzyklen. Trotz vieler verschiedener Märkte und Interessen, dürfte es hier gelungen sein, einen Fahrzyklus zu entwickeln, der weltweit vielfach als Ersatz oder ergänzend zu bestehenden Fahrzyklen in die Vorschriften und Regelungen aufgenommen wird.

Im Bereich Verdunstungsemissionen existiert nur für PKW eine UNECE Regelung<sup>64</sup>, auf welche in der aktuellen europäischen Abgasnorm verwiesen wird.

---

<sup>63</sup> [WMTC 2005]

<sup>64</sup> [ECE R83]

Jedoch steht hinter ähnlich lautenden Regelungen nicht immer der Gedanke der Harmonisierung. Zum Teil sind diese einfach von bestehenden Regelungen abgeschrieben. Solange sich hierbei nicht zu viele Abschreibfehler einschleichen, ist das einer gewissen Harmonisierung aber ebenfalls dienlich.

Die hier in weiterer Folge erarbeitete Methode existiert bisher, auch in ähnlicher Form, in keiner Richtlinie. Um dem Gedanken der Harmonisierung zu entsprechen, müsste die Methode in alle Richtlinien Einzug halten und bestehende Methoden ergänzen oder ersetzen. Obwohl das mehr als unwahrscheinlich ist, möchte ich die Entwicklung dieser neuen Methode weiterverfolgen.

### **3. TECHNISCHE ENTWICKLUNG BEI MOTORRÄDERN**

Als die ersten Überlegungen zur Bestimmung von Verdunstungsemissionen bei Motorrädern in Kalifornien diskutiert wurden, gab es keine solche Vielfalt an Fahrzeugen, wie dies heute der Fall ist. So gab es nicht nur weniger Unterteilungen in verschiedene Anwendungsgebiete, sondern auch geringere Unterschiede im Aufbau der für die selbe Zielgruppe entwickelten Fahrzeuge.

#### **3.1. Ausgewählte Modelljahre**

Um die Entwicklung der Motorradtechnik ab der Entstehung der in Kalifornien geltenden Methode zur Bestimmung von Verdunstungsemissionen<sup>65</sup> darstellen zu können, werden einige ausgewählte Modelljahre betrachtet. Da mir keine vollständigen Listen der in den jeweiligen Modelljahren in Kalifornien angebotenen Fahrzeuge zur Verfügung stehen, wird auf die Daten der in Deutschland angebotenen Motorräder zurückgegriffen.<sup>66</sup> Auf Grund der hohen Fahrzeuganzahl bei den jüngeren Modelljahren werden nur Motorräder mit einem Gesamthubraum über 500 Kubikzentimeter betrachtet.

Im Folgenden werden die Modelljahre 1974, 1984, 1990, 2000 und 2010 angeführt.<sup>67</sup> 1974 wurden die ersten Methoden für die Bestimmungen von Verdunstungsemissionen erarbeitet. 1984 war das Modelljahr, in welchem für Motorräder über 280 Kubikzentimeter eine maximale Emissionsmasse von 6 Gramm pro Test eingeführt wurde. Der Vergleich der Modelljahre 1990, 2000 und 2010 soll die Entwicklung der letzten 20 Jahre darstellen.

##### **3.1.1. Modelljahr 1974**

In diesem Jahr hatten noch alle angebotenen Motorräder den in Abbildung 3.1. symbolisch dargestellten Aufbau. Der vor der Sitzbank mittig angeordnete, unverkleidete Tank (blau dargestellt), ist sowohl der Abwärme des Motors (rot dargestellt) als auch der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt. Die Kraftstoffbehälter waren, mit Ausnahme einiger Motorräder aus Kleinstserien, aus

---

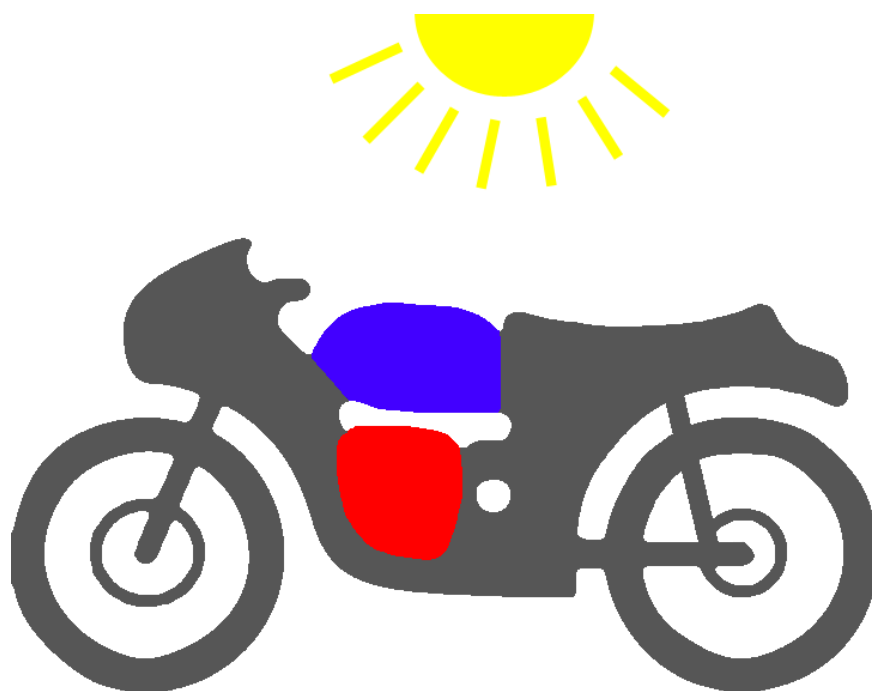
<sup>65</sup> [CARB 2009] PART IV, item 4.

<sup>66</sup> vgl. [MK 1974], [MK 1984], [MK 1990], [MK 2000], [MK 2010]

<sup>67</sup> s. Abschnitt 8.1., S. 89

Metall. Diese Kleinstserien, welche vielmehr für den Rennsport gedacht waren, hatten in Handarbeit hergestellte Tanks aus glasfaserverstärktem Kunststoff.

Es existierte bereits ein Modell mit Benzineinspritzung, welches aber ebenso nur in geringen Stückzahlen verkauft wurde. Die in diesem Modelljahr durchgehend zu findende Anordnung des Tanks über dem Motor wird weiterführend als klassischer Aufbau bezeichnet.



**Abbildung 3.1.: Klassischer Motorradaufbau**

In weiterer Folge erwähnenswert ist die 1975 auf den Markt gekommene Honda GL 1000, deren Aufbau eine Neuerung darstellte. Das Motorrad hob sich auf den ersten Blick nicht sehr von anderen Motorrädern des selben Modelljahres ab. Die Besonderheit war, dass der vermeintliche Tank eine Attrappe war, welche einen Teil der elektrischen Anlage und ein Aufbewahrungsfach beinhaltete. Der Kraftstoffbehälter war hinter dem Motor unter der Sitzbank im Rahmendreieck angeordnet. Um den Kraftstoff aus dem tief liegenden Tank in die Schwimmerkammern der vier Gleichdruckvergaser zu bekommen, war der Einsatz einer Benzinpumpe nötig. Honda hat die Anordnung des Kraftstoffbehälters bei den GL Modellen bis heute in ähnlicher Form beibehalten. Dennoch war die GL 1000 für einige Jahre das einzige in größeren Stückzahlen gebaute Fahrzeug, welches eine solche Besonderheit aufweisen konnte.

### **3.1.2. Modelljahr 1984**

In diesem Modelljahr waren bereits vereinzelt Geländesportmotorräder mit einem Kunststofftank ausgestattet. Bei allen anderen Motorradmodellen war weiterhin ein Metalltank üblich. Der Aufbau war ebenfalls größtenteils klassisch mit dem Tank über dem Motor. Jedoch begannen die Motorradhersteller bereits damit, diesen teilweise oder vollständig mit Verkleidungsteilen zu umgeben. Weiters hielten im oberen Preissegment elektronisch gesteuerte Einspritzanlagen Einzug ins Motorrad, wobei aber nicht die Reduktion von Verdunstungsemissionen aufgrund der nicht vorhandenen Schwimmerkammern die Hersteller zum Einsatz von Einspritzanlagen bewegt hat. Vielmehr wollten sie die technologische Marktführung für sich in Anspruch nehmen. Der dadurch ebenfalls gesunkene Kraftstoffverbrauch war ein angenehmer, aber im heutigen Vergleich nicht so wichtiger Effekt für den Kunden.

### **3.1.3. Modelljahr 1990**

Zu den Vertretern mit Kunststofftank zählten weiterhin nur Enduros und einige sportliche Motorräder in geringeren Stückzahlen. Die meisten Motorräder hatten noch einen klassischen Aufbau. Ebenso verfügte weiterhin nur eine geringe Anzahl an Motorradmodellen über eine emissionsmindernde Kraftstoffeinspritzanlage. Die Anzahl der Modelle mit Kraftstoffbehältern, welche teilweise oder vollständig verdeckt waren, stieg in diesem Modelljahr bereits leicht.

### **3.1.4. Modelljahr 2000**

Abgesehen von der weiterhin vielfach klassischen Anordnung der Komponenten können hier bereits wesentliche Neuerungen an der Motorradtechnik festgestellt werden. Da die Hersteller ursprüngliche Probleme mit der Lackierung von Kraftstoffbehältern aus Kunststoff lösen konnten, wurden vermehrt unverkleidete Tanks aus Kunststoff eingesetzt. Die Anzahl der Motorräder mit Einspritzanlage stieg ebenfalls stark an. Diese waren zum Teil bereits geregelt ausgeführt. Das Modelljahr 2000 ist eines mit der größten Vielfalt an technischen Lösungen für den Kraftstoffbehälter. So gab es bei ähnlichen Motorradtypen des jeweils selben Herstellers sowohl unverkleidete Stahl- als auch Kunststofftanks beziehungsweise verkleidete Aluminium- als auch Kunststofftanks.

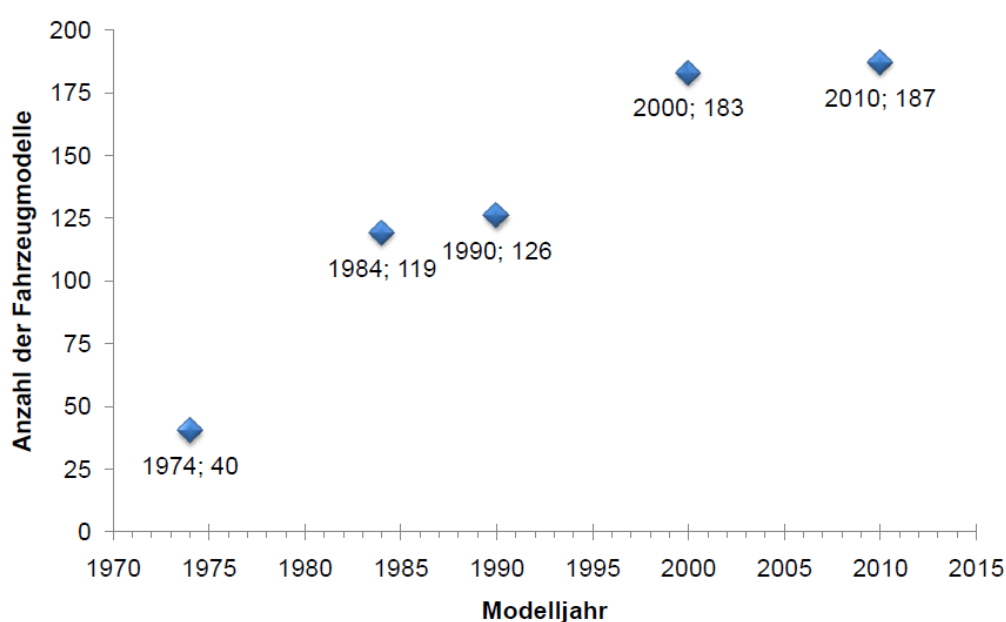
### 3.1.5. Modelljahr 2010

Der klassische Motorradaufbau wird in vielen Fällen durch eine alternative Anordnung der Komponenten mit teilweise oder voll verdeckten Kraftstoffbehältern abgelöst. Die Verwendung von Kunststoff als Tankmaterial hat weiterhin stark zugenommen. Bedingt durch strengere Abgasemissionsvorschriften verfügen alle betrachteten Motorradmodelle über eine Einspritzanlage.

Nie zuvor war eine so starke Diversifikation von Motorrädern zu beobachten. Es werden vielfach Modellvarianten für ein spezielles Zielpublikum gebaut. Dies geschieht jedoch unter Verwendung möglichst vieler Gleichteile speziell bei Motor und Rahmen. Die Tanks sind dabei vielfach Designelement. Dadurch sind bei ähnlichen Motorrädern oftmals verschiedene Tanksysteme erforderlich. Im Vergleich zum Modelljahr 2000 wird bei ähnlichen Modellen nicht so stark mit dem Material der Kraftstoffbehälter variiert. Die Kraftstoffbehälter sind, egal ob in klassischer Anordnung oder einer alternativen Lage verbaut, vielfach wesentlich stärker in den Aufbau des Fahrzeuges integriert. Das ist deshalb erforderlich, weil vom Kunden ein möglichst kompaktes Fahrzeug gewünscht wird.

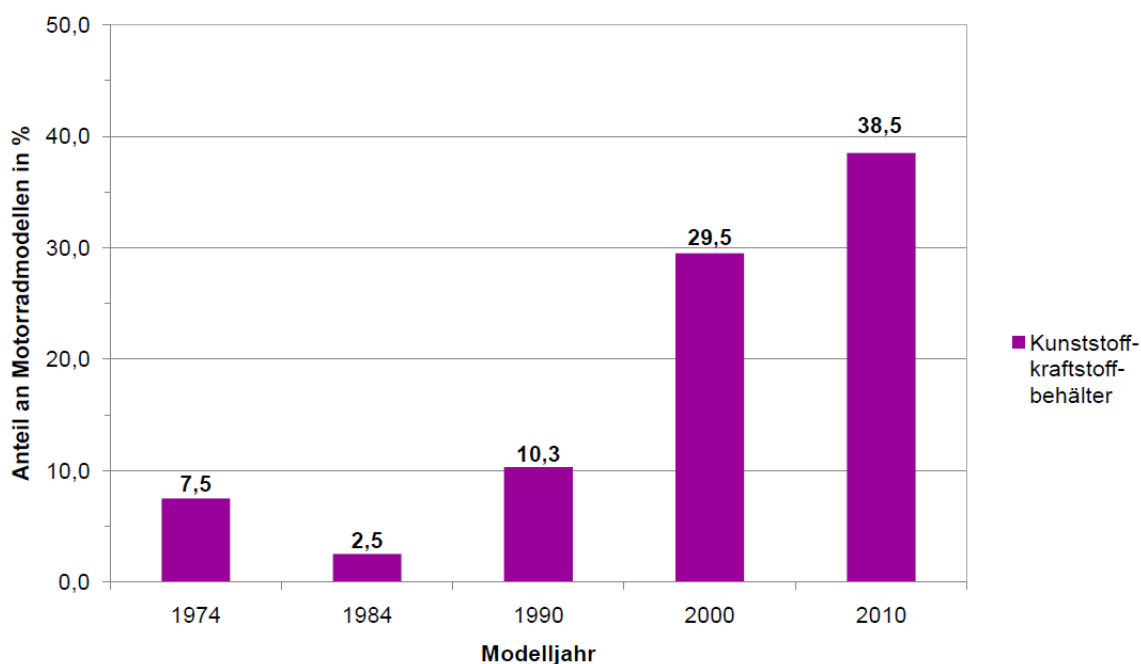
## 3.2. Vergleich der einzelnen Modelljahre

Die Abbildung 3.2. stellt die gestiegene Anzahl der in Deutschland angebotenen Motorradmodelle über 500 Kubikzentimeter der betrachteten Modelljahre dar.



**Abbildung 3.2.: Anzahl der angebotenen Modelle ausgewählter Modelljahre**

### 3.2.1. Material der Kraftstoffbehälter



**Abbildung 3.3.: Modelle mit Kunststoffkraftstoffbehälter**

Bei der Wahl von Kunststoff als Tankmaterial ist es wesentlich, ob der Tank lackiert werden soll oder nicht. Bei den ersten Geländemotorrädern in den neunzehnhundertachtziger und -neunziger Jahren, welche mit unlackierten, weißen Tanks aus Kunststoff ausgestattet waren, konnte man nach einigen Jahren deutlich eine gelbliche Verfärbung des Kunststoffes, verursacht durch Kraftstoffpermeation, erkennen. In den neunzehnhundertneunziger Jahren versuchten die Hersteller vermehrt, Großserienmotorräder mit lackierten Kunststofftanks auszustatten. Als Tankmaterial wurde hierbei vielfach Polyamid 6 gewählt. Dass dieses nicht komplett undurchlässig gegenüber Kohlenwasserstoffen ist, musste ein großer Motorradhersteller erkennen. Nachdem es zahlreiche Kundenreklamationen über sich ablösende Tankaufkleber gab, wechselte der Hersteller in den folgenden Modelljahren zurück zu einem Stahltank. In weiterer Folge wurde bei einer Überarbeitung des gesamten Fahrzeuges wieder auf einen Kunststofftank zurückgegriffen. Diesmal handelte es sich jedoch um einen von Verkleidungsteilen verdeckten, nicht lackierten Tank aus schwarzem PE-HD (Polyethylene high density).

Stahl tanks in klassischer Anordnung bieten den Vorteil, dass sich Tankrucksäcke mit Magnetbefestigung verwenden lassen. Für einen anderen Hersteller war dies

der Grund, dass er seine vielfach für Motorradtouren verwendeten Fahrzeuge nach einigen Modelljahren wieder mit einem Stahltank ausstattete.

Abgesehen von den beiden erwähnten Fällen ist jedoch klar eine Tendenz in Richtung Kunststofftank zu erkennen.

Der bei vielen aktuellen Tanks verwendete Kunststoff PE-HD ist ebenfalls geringfügig durchlässig gegenüber Kohlenwasserstoffen. Daher werden Kunststofftanks vielfach nicht mehr lackiert, sondern durchgehend eingefärbt oder mit lackierten Verkleidungsteilen umgeben. Um der Permeation im Sinne der Minderung der Verdunstungsemissionen entgegenzuwirken, wurden mehrlagige Kunststoffe entwickelt, welche mit einer Sperrschicht aus einem Ethylene Vinyl Alkohol Copolymer genannt EVOH<sup>68</sup> ausgestattet sind. Dadurch kann die Permeation durch die Wand des Kraftstoffbehälters deutlich reduziert werden. Im PKW Bereich sind Tanks und Leitungen aus mehrlagigen Kunststoffen mit Sperrschicht bereits üblich. Die Verarbeitung mehrlagiger Materialien ist jedoch wesentlich aufwändiger und somit teurer, da sich die einzelnen Lagen beim Zusammenfügen verschiedener Teile treffen und verbinden müssen. Ein weiterer Nachteil ist die lange Stabilisierungsdauer mehrlagiger Kunststoffe im Bezug auf die Bestimmung der Permeationsrate. Während einlagige Tanksysteme nach einer relativ kurzen Zeit eine stabile Permeation aufweisen, müssen mehrlagige Kraftstoffbehälter über mehrere Monate mit Bezugskraftstoff befüllt sein, bis sich die Permeation stabilisiert hat. Wenn die Bestimmung der Permeation an einem stabilisierten System vorgeschrieben ist, führt das zu einem erheblichen Mehraufwand.<sup>69</sup>

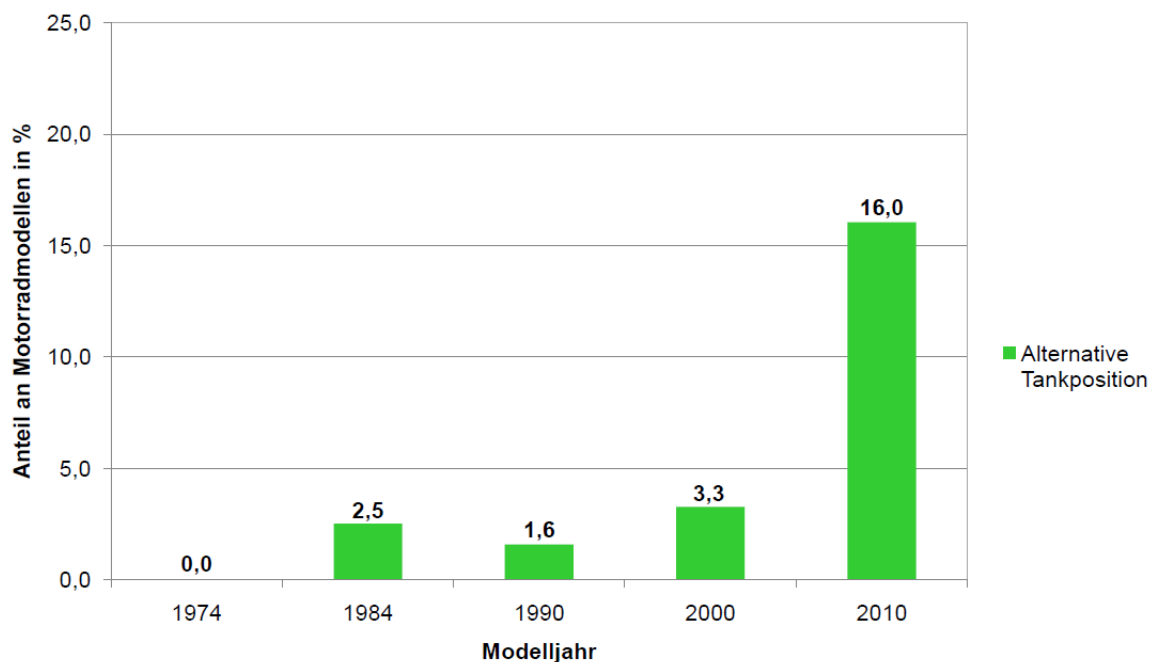
---

<sup>68</sup> vgl. [Domininghaus 2008] S. 239

<sup>69</sup> s. Abschnitt 2.2.5., S. 28



### 3.2.2. Position der Kraftstoffbehälter



**Abbildung 3.4.: Modelle mit alternativer Tankposition**

Ein besserer Knieschluss, ein niedrigerer Schwerpunkt des vollständig betankten Fahrzeuges, geringeres Schwappen des teilweise gefüllten Kraftstoffbehälters oder einfach fehlender Bauraum, weil der Luftfilterkasten über den aufrechten Einlasskanälen angeordnet ist, können die Gründe für eine von der klassischen Bauform abweichende Position des Kraftstoffbehälters sein. Da von der klassischen Lage abweichende Tanksysteme meist aufwendiger geformt sind, sind diese vielfach aus Kunststoff ausgeführt.

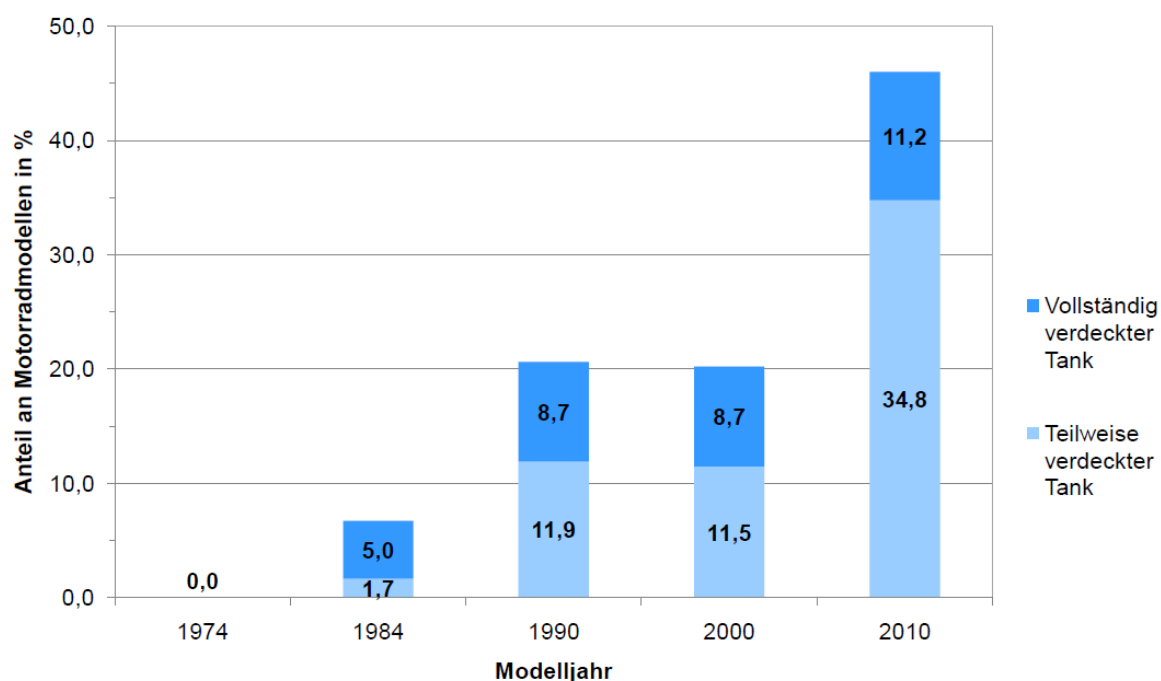
Im Jahr 2010 haben 19 von 30 Motorrädern mit einer alternativen Tankposition einen Kunststofftank. Bei den elf restlichen Motorrädern sind die derzeit noch erhältlichen Modelle des Herstellers Buell mitgezählt. Bei diesen wird der Rahmen als Kraftstofftank verwendet. Werden diese nicht mitgezählt, da sie ja keinen dedizierten Kraftstofftank besitzen, haben 19 von 25 Motorrädern mit alternativer Tankposition einen Kunststofftank.

Für den Kunststofftank spricht die erweiterte Möglichkeit der Formgebung. Die Abbildung 3.5. zeigt den Kraftstoffbehälter einer aktuellen Reiseenduro, welcher unter der Sitzbank angebracht ist. Hier wurde der gesamte zur Verfügung stehende Bauraum bestmöglich für ein großes Füllvolumen genutzt.



**Abbildung 3.5.: Tank einer aktuellen Reiseenduro**

### 3.2.3. Exposition der Kraftstoffbehälter

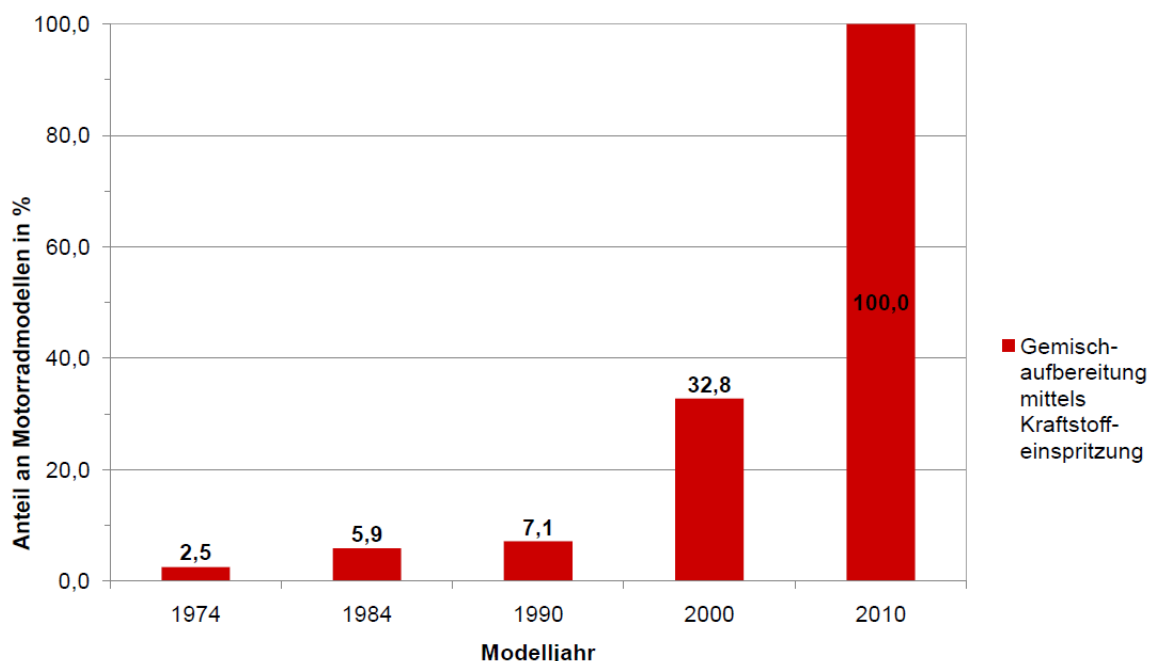


**Abbildung 3.6.: Modelle mit teilweise oder vollständig verdecktem Tank**

Tendierten die Hersteller im Jahr 2000 dazu, Kraftstofftanks aus Kunststoff zu lackieren, werden heute vielfach unlackierte Tanks aus PE-HD so verbaut, dass sie nur teilweise oder gar nicht sichtbar sind. Teilweise verdeckte Tanks werden dabei so in das Motorrad integriert, dass die unlackierten Stellen Teil des Motorrad-Designs sind. Nur vier von 21 vollständig verdeckten Tanksystemen des Modelljahres 2010 sind aus Metall gefertigt. Der Vorteil bei einem verdeckten Tank

ist, dass die direkte Sonnenstrahlung vermieden und dadurch die Erwärmung des Tanks vermindert werden kann.

### 3.2.4. Art der Gemischaufbereitung



**Abbildung 3.7.: Modelle mit Einspritzanlage**

Die Einhaltung der Grenzwerte bestehender Abgasrichtlinien in Europa erfordert, dass neue Fahrzeuge mit einer Einspritzanlage und einem Katalysator ausgestattet sind. Hingegen verfügt kein in Europa vertriebenes Fahrzeug über eine Anlage zur Begrenzung von Verdunstungsemissionen.

Bemerkenswert ist hier, dass in Kalifornien nach wie vor neue hubraumstarke Fahrzeuge mit Vergasern zugelassen werden, obwohl man bei der Bestimmung von Verdunstungsemissionen seit Jahren eine Vorreiterrolle einnimmt.

## 3.3. Anlage zur Begrenzung von Verdunstungsemissionen

### 3.3.1. Aufbau der Anlage

Hauptbestandteil einer Anlage zur Begrenzung von Verdunstungsemissionen ist eine Aktivkohlefall. An der Entlüftungsöffnung des Tanksystems ist ein Schlauch angebracht, welcher die austretenden Kohlenwasserstoffe in die Aktivkohlefall leitet. Bei Fahrzeugen mit Vergasern werden die aus den Schwimmerkammern

entweichenden Kohlenwasserstoffe ebenfalls über Schläuche zur Aktivkohlefalle geleitet. Die Regenerierung der Aktivkohlefalle erfolgt während des Fahrbetriebes. Durch den Unterdruck im Ansaugsystem wird über ein vom Motorsteuergerät geschaltetes Ventil Umgebungsluft durch die Aktivkohlefalle gesaugt. Dabei werden die von der Aktivkohle aufgenommenen Kohlenwasserstoffe wieder abgegeben. Die abgegebenen Kohlenwasserstoffe werden somit der Verbrennung zugeführt.



**Abbildung 3.8.: Motorrad Aktivkohlefalle**

Die in Abbildung 3.8. dargestellte Aktivkohlefalle stammt aus einem hubraumstarken Motorrad, welches für Kalifornien gebaut wurde. Das Füllvolumen beträgt in etwa 0,45 Kubikdezimeter. An den beiden rechts zu sehenden Anschlüssen werden die Leitungen vom Kraftstoffbehälter und zum Motor angeschlossen. Auf der linken Seite befindet sich der Anschluss für die Umgebungsluft.

### **3.3.2. Auslegung der Anlage**

Abhängig von den vorgeschriebenen Testmethoden und Abläufen erfolgt die Auslegung des Systems. Während bei Motorrädern kein Vergleich verschiedener Auslegungen möglich ist, kann dieser Vergleich bei Personenkraftwagen durchaus vollzogen werden. Ist in Europa bei der Bestimmung der Tankatmungsverluste lediglich ein 24-stündiger Umgebungstemperaturverlauf zu absolvieren, so sind in

amerikanischen Vorschriften zwei oder drei hintereinander folgende Umgebungstemperaturverläufe vorgesehen. Durch die hierfür erforderliche höhere Arbeitskapazität sind Personenkraftwagen für den amerikanischen Markt mit deutlich größeren Aktivkohlefallen ausgestattet.

Während es bei Personenkraftwagen einfacher ist, größere Aktivkohlefallen im Fahrzeug unterzubringen, ist der zur Verfügung stehende Bauraum bei Motorrädern meist stark begrenzt. Ein weiterer Grund für eine möglichst kleine Auslegung von Aktivkohlefallen ist, dass bei kleineren Fallen ein geringeres Spülluftvolumen zum vollständigen Regenerieren erforderlich ist. Das System muss so ausgelegt sein, dass während des jeweiligen Fahrzyklus eine ausreichende Regenerierung der Aktivkohlefalle erfolgt. Wenn hierbei während des Fahrzyklus das Regenerierventil angesteuert wird, gelangt zu Beginn eine stark mit Kohlenwasserstoffen angereicherte Luft in den Brennraum. Im späteren Verlauf des Fahrzyklus sind nur mehr geringe Mengen an Kohlenwasserstoffen enthalten. Da die Zusammensetzung der zugeführten Spülluft wesentliche Auswirkungen auf die Abgasemissionen hat, ist es nicht möglich, für das Spülen einen beliebig hohen Volumenstrom zu verwenden. Bei Fahrzeugen welche mit einer Sonde zur Messung des Restsauerstoffes im Abgas ausgestattet sind, kann das Motorsteuergerät die einzuspritzende Kraftstoffmenge in vorgegebenen Bereichen korrigieren, um die Schadstoffkonzentrationen im Abgas möglichst gering zu halten.

Bei den genannten amerikanischen Abläufen für Personenkraftwagen<sup>70</sup> werden mit den zwei und drei aufeinanderfolgenden 24-stündigen Messungen unterschiedliche Kriterien geprüft. Der Ablauf mit den zwei Temperaturzyklen dient dazu, um festzustellen, ob die Aktivkohlefalle bei dem einen Abgastest ausreichend gespült wird. Im Ablauf mit drei Temperaturzyklen ist ein längerer Fahrbetrieb enthalten. Hierbei werden sämtliche Quellen von Verdunstungsemissionen betrachtet und es wird geprüft, ob die stärker gespülte Aktivkohlefalle über die geforderte Kapazität verfügt.<sup>71</sup>

Bei dem unter Abbildung 2.2. dargestellten derzeit bestehendem CARB Ablauf für Motorräder wird die Aktivkohlefalle während des Vorkonditionierfahrzyklus gespült.

---

<sup>70</sup> s. Abschnitt 2.1.1. S. 19

<sup>71</sup> vgl. [CFR B2009] § 86.130-96, item (a) (1)

Wenn die Falle ausreichend gespült ist, können die bei der darauffolgenden Bestimmung der Tankatmungsverluste aus dem Kraftstoffbehälter entweichenden Kohlenwasserstoffe aufgenommen werden. Während des anschließenden Abgastests wird die Aktivkohlefalle wiederum regeneriert, um die bei der folgenden Bestimmung der Verdunstungsverluste beim Heißabstellen entweichenden Kohlenwasserstoffe aufzunehmen. Bei diesem Ablauf wird die Anlage sowohl auf ihre Regenerierfähigkeit als auch auf ausreichende Arbeitskapazität geprüft. Wird der unter Abschnitt 2.4. beschriebene Vorschlag für die Bestimmung der Tankatmungsverluste bei Motorrädern mittels drei aufeinanderfolgender, 24-stündiger Temperaturzyklen umgesetzt, werden größere Aktivkohlefallen mit wesentlich höheren Kapazitäten erforderlich.

Sämtliche Messungen müssen mit ausreichend gealterten Aktivkohlefallen durchgeführt werden, da sich das Speichervermögen der Aktivkohle nach mehrmaligen Beladezyklen vermindert.

## **4. REALE BEDINGUNGEN UND MESSERGEBNISSE**

### **4.1. Erwärmung des Kraftstoffbehälters im Tagesverlauf**

#### **4.1.1. Ursachen für die Erwärmung**

Für die Erwärmung eines Kraftstoffbehälters können mehrere Ursachen genannt werden, welche sich abhängig von Material, Bauform, Lage und Farbe des Behälters unterschiedlich stark auswirken:

1. Wärmeübertragung von der erwärmten Umgebungsluft.
2. Direkte Sonnenstrahlung auf den Kraftstoffbehälter.
3. Wärmeübertragung von Bauteilen in der Umgebung des Tanks, welche durch die Sonnenstrahlung aufgewärmt wurden.
4. Wärmeübertragung von dem ebenfalls durch die Sonnenstrahlung stark erhitzten Straßenbelag.

Ausgehend von einem Sommertag mit Sonnenaufgang um etwa fünf Uhr morgens und einer maximalen Tagestemperatur um 15 Uhr kann die Aufwärmphase bis zu zehn Stunden andauern. Während für die Berechnung von Emissionsmodellen häufig die durchschnittlichen Tagestemperaturen für jedes Monat herangezogen werden<sup>72</sup>, sind für die Überprüfung einer Anlage zur Begrenzung der Verdunstungsemissionen die im Sommer maximal erreichbaren Temperaturen interessant.

#### **4.1.2. Bestimmung der Tanktemperaturen**

In Anlehnung an die unter Abschnitt 2.2.4. beschriebene Anleitung zur Bestimmung von realen Tanktemperaturen wurden bei mehreren Fahrzeugen Messungen durchgeführt. Hierfür wurden sowohl Fahrzeuge mit verdeckten als auch direkt der Sonnenstrahlung ausgesetzten Kraftstoffbehältern aus Metall und Kunststoff ausgewählt. Im Modelljahr 2010 haben nur vier Motorradtypen einen voll verdeckten Metalltank. Bei keinem dieser Fahrzeuge ist der Tank ohne Demontage von Anbauteilen zugänglich. Darum wurden die Kraftstofftemperaturen in vollverdeckten Metalltanks bei zwei Motorrollern mit entsprechendem Aufbau

---

<sup>72</sup> vgl. [Kolke 2002] Ziff. 1.1

ermittelt. Bei den Messungen waren die Kraftstoffbehälter der Fahrzeuge mindestens mit halbem Nennvolumen befüllt. Die Fahrzeuge wurden alle ab dem frühen Vormittag der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt. Ausgangswerte waren die Raumtemperatur der jeweiligen Gebäude im Bereich um etwa 25 °C. Die Messungen der Endtemperaturen erfolgten nach mehreren Stunden direkter Sonnenstrahlung.

Da die Messungen vielfach an Gebrauchts- und Vorführfahrzeugen bei Motorradhändlern durchgeführt wurden, war es nicht möglich, die Kraftstoffbehälter mit fest montierten Temperaturmessstellen auszustatten. Weiters war es bei sehr vielen Fahrzeugen auf Grund der Bauform des Tanks nicht möglich, mit einem üblichen Mantelwiderstandsthermometer durch die Einfüllöffnung bis in den Kraftstoff zu gelangen. Deshalb wurden durchgängig Oberflächentemperaturen der Kraftstoffbehälter ermittelt. Die ersten mit einem Infrarotthermometer ermittelten Oberflächentemperaturwerte wurden an Fahrzeugen bestimmt, bei denen auch ein Eintauchen des kalibrierten Mantelwiderstandsthermometers möglich war. Die mit dem Infrarotthermometer außen gemessenen Oberflächentemperaturen lagen, abhängig von der Farbe des Tanks, in einem Bereich von 0 °C bis 2 °C über den mittels Widerstandsthermometer innen an selber Stelle gemessenen Kraftstofftemperaturen. Bei den ermittelten Werten wurde deshalb eine mittlere Abweichung von +1 °C angenommen. Die Abweichung ist bei allen angegebenen Werten, welche mit dem Infrarotthermometer gemessen wurden, bereits berücksichtigt.

Bei vielen Tanksystemen wurde eine ausgeprägte Temperaturschichtbildung im Kraftstoff festgestellt. Der größte Unterschied im Temperaturverlauf konnte bei einem Motorrad mit klassischem Aufbau und zu drei Viertel vollgefülltem, nicht verkleidetem Metalltank gemessen werden. Die hier durch Eintauchen des Widerstandsthermometers festgestellten Kraftstofftemperaturen lagen tief im Tank bei 33,1 °C und knapp unter der Kraftstoffoberfläche bei 42 °C.

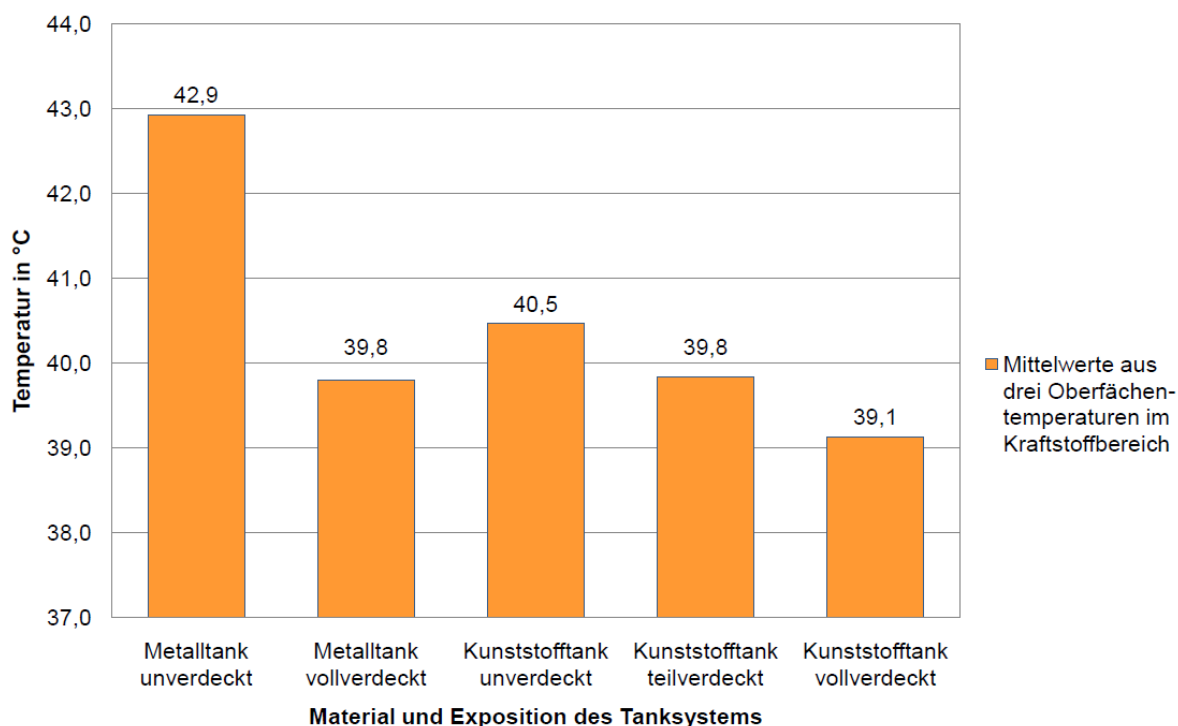
Die Oberflächentemperatur des Kraftstoffes hat einen wesentlichen Einfluss auf das Verdunsten und Verdampfen der Kohlenwasserstoffe. Die Bestimmung der Kraftstoffoberflächentemperatur mittels Infrarotthermometer an der Tankoberfläche ist nicht möglich. Um den Temperaturverlauf bei der Schichtbildung und die Kraftstofftemperatur knapp unter der Kraftstoffoberfläche bestimmen zu können,



wären weitere Untersuchungen an einem Versuchstank mit mehreren, in verschiedenen Höhen fest eingebauten, kalibrierten Widerstandsthermometern überlegenswert.

#### 4.1.3. Maximal gemessene Kraftstofftemperaturen

Die Messung der maximalen Temperaturen wurde an ausgewählten, sehr heißen Sommertagen durchgeführt.



**Abbildung 4.1.: Maximale Tankoberflächentemperaturen im Kraftstoffbereich**

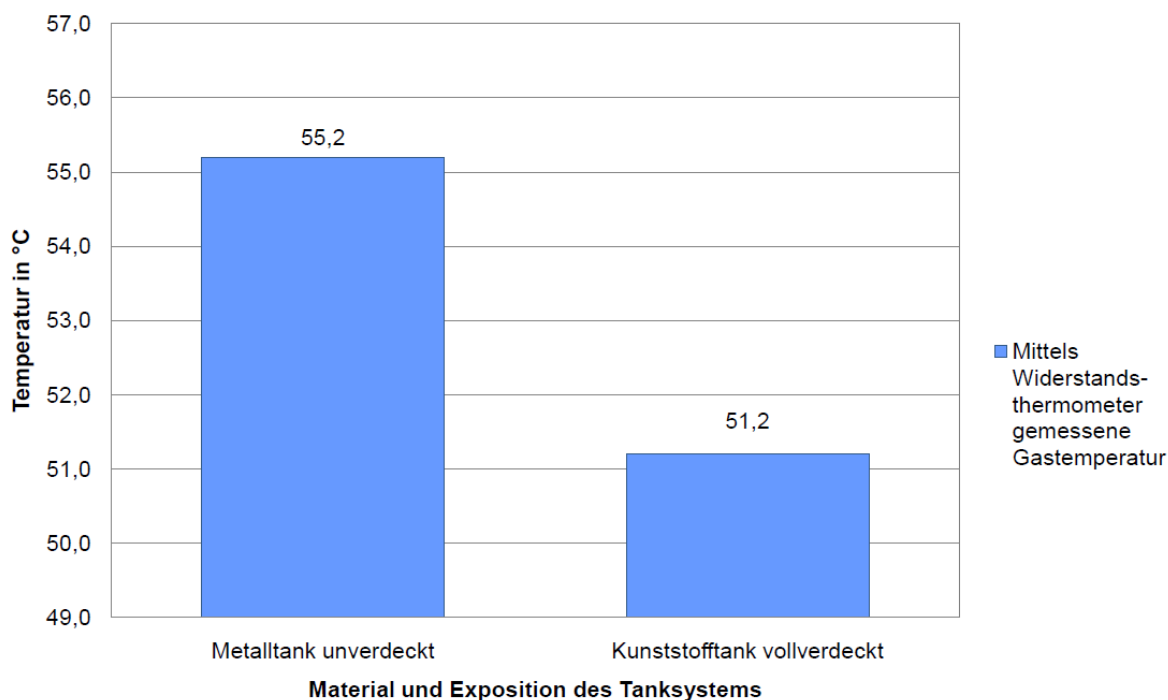
Die Abbildung 4.1. zeigt, dass die größte Erwärmung des Kraftstoffs an einem unverdeckten Metalltank gemessen wurde. Die drei Motorräder mit den höchsten Oberflächentemperaturen im Kraftstoffbereich hatten alle einen schwarz lackierten nicht verdeckten Metalltank. Das niedrigste Oberflächentemperaturmittel im Kraftstoffbereich bei einem unverdeckten Metalltank wurden mit 37,1 °C an einem hell Silberfarbenen Tank ermittelt. Somit ist erkennbar, dass die Farbe bei unverdeckten Tanks einen wesentlichen Einfluss auf die Erwärmung hat.

#### 4.1.4. Maximal gemessene Gastemperaturen

Bei Kraftstoffbehältern, die der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt waren, lagen die mittels Infrarotthermometer ermittelten Tankoberflächentemperaturen deutlich

über den mittels Widerstandsthermometer gemessenen Gastemperaturen. Daher können die Oberflächentemperaturen im Gasbereich nicht für die Darstellung der Tankinnentemperaturen herangezogen werden.

Die Temperatur der Gasphase wurde deshalb in einigen Fällen mit dem Widerstandsthermometer bestimmt. Dabei wurde sofort nach dem Öffnen des Tankverschlusses das Thermometer eingeführt und die restliche Öffnung bestmöglich verschlossen.



**Abbildung 4.2.: Maximale Temperaturen der Gasphase**

Bei der Ermittlung der in Abbildung 4.2. dargestellten Werte des Fahrzeuges mit Metalltank wurden zusätzlich die Tankoberflächentemperaturen mit dem Infrarotthermometer bestimmt. Hier konnten Werte zwischen 56,6 °C und 79,2 °C gemessen werden. Das erklärt, warum die Innentemperatur einen Wert von 55,2 °C erreichen kann.

Beim zweiten Fahrzeug war der aus Polyethylen bestehende Tank hinter dem Luftfilterkasten bis knapp unter dem Fahrersitz angeordnet. Der Luftfilterkasten, die Batterie und das Tanksystem waren bei diesem Fahrzeug mit einer Verkleidung aus Kunststoff umgeben, welche einem klassischen Tank nachempfunden ist. Obwohl keine Stelle des Tanksystems der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt ist, erreichte die Gasphase eine bemerkenswert hohe Temperatur von 51,2 °C.

#### **4.1.5. Normale Sommertage**

Ist die Umgebungstemperatur niedriger, oder es ist zeitweise bewölkt, sind auch die Kraftstofftemperaturen wesentlich geringer.

Verglichen an einem Fahrzeug mit klassischem Aufbau und schwarzem Metalltank wurden folgende Werte ermittelt.

An einem der heißesten Tage des Jahres 2010 mit 35,2 °C Umgebungstemperatur wurde ein Mittelwert aus drei Tankoberflächentemperaturen von 41,7 °C erzielt.

Ein normaler, durchgehend sonniger Sommertag mit einer Umgebungstemperatur von 29,6 °C erbrachte einen Tankoberflächentemperaturmittelwert von nur 37,3 °C.

### **4.2. Tagestemperaturverlauf und Fahrbetrieb**

Die beiden folgend angeführten Theorien beschreiben gedachte Möglichkeiten, wodurch sich die Kraftstofftemperatur weiter erhöhen könnte. Für beide Möglichkeiten liegt derzeit kein Nachweis durch Messwerte vor.

#### **4.2.1. Fahrbetrieb vor dem Tagestemperaturverlauf**

Es ist davon auszugehen, dass noch höhere Kraftstofftemperaturen im Tagesverlauf möglich sind, wenn ein Fahrzeug am späteren Vormittag auf Betriebstemperatur gebracht wird und die Abwärme des Antriebes nach dem Abstellen den Kraftstoff in den folgenden Stunden zusätzlich zur Sonnenstrahlung erwärmt.

#### **4.2.2. Fahrbetrieb im Tagestemperaturverlauf**

Wird das am Nachmittag bereits von der Sonne aufgewärmte Fahrzeug in Betrieb genommen, wäre abhängig von der Fahrgeschwindigkeit und der Ausführung des Tanksystems sowohl ein Ansteigen als auch ein Absinken der Kraftstofftemperatur denkbar.

Jedenfalls muss bei der Inbetriebnahme eines Fahrzeuges mit bereits aufgewärmtem Kraftstoff davon ausgegangen werden, dass wesentlich mehr Kohlenwasserstoffe über die Entlüftung aus dem Kraftstoffbehälter entweichen.

## **5. METHODEN FÜR DIE ERWÄRMUNG DES TANKSYSTEMS**

### **5.1. Bestehende und vorgeschlagene Methoden**

In der bisherigen Arbeit wurden bereits verschiedene derzeit in Richtlinien enthaltene oder für neue Richtlinien vorgeschlagene Methoden erwähnt, um die Erwärmung des Kraftstoffbehälters für die Bestimmung der Tankatmungsverluste durchzuführen. Nachfolgend werden diese Methoden einzeln dargestellt und miteinander verglichen.

#### **5.1.1. Direkt am Kraftstoffbehälter angebrachte Wärmequellen**

Die Ausrüstung, um die derzeit in Kalifornien geltende Regelung zu erfüllen, bedarf separater Heizelemente für den Kraftstoff und die Gasphase, angebracht an der Tankoberfläche.<sup>73</sup> Durch die separat geregelten Wärmequellen ist eine höhere Erwärmung der Gasphase möglich. In dem von dieser bestehenden Regelung abgeleiteten Vorschlag für eine zukünftige europäische Richtlinie<sup>74</sup> ist nur eine Erwärmung des flüssigen Kraftstoffes vorgesehen. Wie bereits am Beginn der Arbeit in der Problemstellung<sup>75</sup> beschrieben, ist es bei modernen Motorradkonzepten mit einem sehr stark in den Aufbau des Fahrzeuges integrierten Tanksystem vielfach nicht möglich, die Wärmequellen zielführend an der Tankoberfläche anzubringen.

#### **5.1.2. Separates Konditioniersystem**

Wie in Abschnitt 1.3.4.c. erwähnt, kann entsprechend kalifornischen Vorschriften unter Absprache mit der Behörde eine alternative, vom Fahrzeughersteller bereitgestellte Vorrichtung zur Erwärmung des Kraftstoffes eingesetzt werden. Hierbei könnte es sich um ein Konditioniersystem handeln, das den Kraftstoff mittels Konvektion in einem Wärmtauscher erwärmt. Für die Erwärmung der Gasphase müsste eine separate Möglichkeit gewählt werden. Der Vorteil einer speziellen Kraftstoffkonditionierung würde darin liegen, dass sie der Hersteller genau auf den Fahrzeugtyp anpassen kann und mit gut eingestellten Reglern eine

---

<sup>73</sup> s. Abschnitt 1.3.4.c.

<sup>74</sup> s. Abschnitt 2.5.2. oder [ACEM 2005]

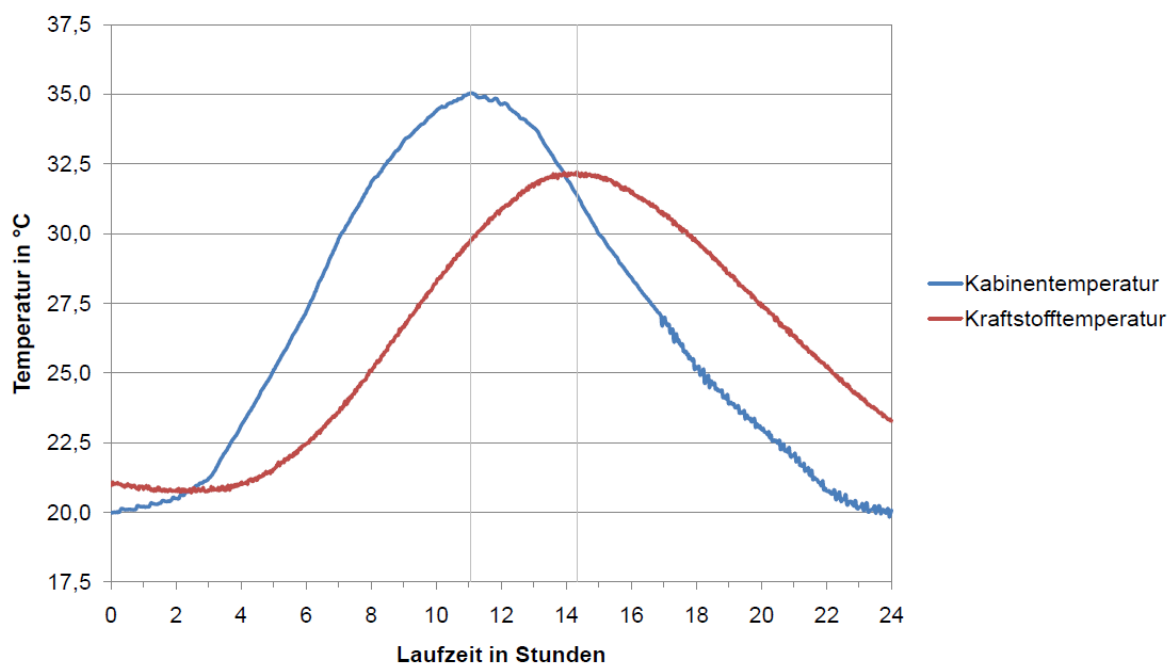
<sup>75</sup> s. Abschnitt 0.1.

Messung unter geringsten Abweichungen vom Solltemperaturverlauf absolvieren kann. Der Nachteil liegt darin, dass andere Behörden oder Labore keinen Zugang zu der verwendeten Zusatzausrüstung haben.

Falls es notwendig ist, Durchführungsverschraubungen am Fahrzeugtank anzubringen, ist mit dieser Methode keine zerstörungsfreie Bestimmung der Verdunstungsemissionen möglich.

### 5.1.3. Verlaufende Temperaturregelung der gesamten Raumlufte

Wie bei dem in Abschnitt 2.5.1. beschriebenen Vorschlag könnte die Bestimmung der Tankatmungsverluste mit einem 24-stündigen Umgebungstemperaturverlauf erfolgen. Diese Methode hat sich bei mehrspurigen Fahrzeugen bereits bewährt. Es ist jedoch zu beachten, dass bei mehrspurigen Fahrzeugen das Tanksystem meist auf der Unterseite angebracht ist. Selbst wenn das Fahrzeug den gesamten Tag der Sonnenstrahlung ausgesetzt ist, werden der Straßenbelag unter dem Fahrzeug und die Bauteile um den Kraftstoffbehälter nicht über die Umgebungstemperatur erwärmt, wodurch die Erwärmung des Kraftstoffes meist geringer ausfällt als bei einem Motorrad.



**Abbildung 5.1.: Kraftstofftemperaturverlauf PKW**

Die Abbildung 5.1. zeigt einen PKW Kraftstofftemperaturverlauf während des gesetzlichen, 24-stündigen Umgebungstemperaturverlaufs<sup>76</sup>. Der dargestellte Kraftstofftemperaturverlauf wurde nach einer Mindestabstellzeit von sechs Stunden bei einem Fahrzeug mit einem Kunststofftank, angebracht hinter der zweiten Achse, ermittelt. Der Umgebungstemperaturverlauf beginnt mit 20 °C und erreicht nach elf Stunden sein Temperaturmaximum von 35 °C. Die Kraftstofftemperatur im Tank erreicht dabei nicht die selbe Höhe wie die Lufttemperatur der Messkabine. Die maximale Kraftstofftemperatur von 32,2 °C wurde bei diesem Fahrzeug nach 14 h und 21 min, mehr als drei Stunden nach dem Kabinentemperaturmaximum, erreicht.

Bei Motorrädern wird der Tank durch die Sonnenstrahlung über die Umgebungstemperatur erwärmt. Hier müsste darüber nachgedacht werden, ob der Umgebungstemperaturverlauf der PKW Messung die reale Erwärmung von Motorradtanks ausreichend abbildet.

Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass eine Überprüfung in Betrieb befindlicher Fahrzeuge ohne Beschädigung des Kraftstoffbehälters möglich ist, sofern nicht gesetzlich der Einbau einer Temperaturmessstelle vorgeschrieben ist. Ein Nachteil liegt in der fehlenden Verfügbarkeit von Kabinen mit einem Temperaturregelungssystem für die Veränderung der Kabineninnentemperatur während der Messung und des dabei notwendigen Volumenausgleichs bei den Motorradherstellern.<sup>77</sup>

#### **5.1.4. Simulierte Sonnenstrahlung**

Durch Simulation der Sonnenstrahlung könnte eine möglichst reale Erwärmung des Tanksystems erzielt werden. Die Erwärmung der Gasphase über die Umgebungstemperatur wäre ebenso möglich wie eine beschädigungsfreie Überprüfung in Betrieb befindlicher Fahrzeuge.

Teil des in Abschnitt 2.4. beschriebenen Vorschlages für ein zukünftiges Messverfahren in Kalifornien ist ein Running loss Test, bei dem das Fahrzeug mit Wärmestrahlern aufgeheizt werden soll. Die hierbei einwirkende Bestrahlungsstärke soll 931 Watt pro Quadratmeter betragen.

---

<sup>76</sup> [ECE R83] Annex 7, Appendix 2

<sup>77</sup> vgl. [ACEM 2005] S. 2

Der Vorschlag ähnelt bestehenden Gesetzen für die Bestimmung der zusätzlichen Abgasemissionen, die bei Betrieb einer Klimaanlage bei mehrspurigen Kraftfahrzeugen entstehen.<sup>78</sup> Hier ist die Simulation der Sonnenstrahlung bereits vorgeschrieben. Das Gesetz sieht hierfür die Verwendung von Metall Halogenidlampen, Quarz Halogenlampen mit dichroitischen Spiegeln oder Natriumdampflampen vor, welche über dem Fahrzeug angebracht werden. Die Bestrahlungsstärke muss an zwei vorgegebenen Messstellen am Fahrzeug zwischen 805 Watt und 895 Watt pro Quadratmetern liegen. Über dem restlichen Fahrzeug darf diese nur um 15 % von 850 Watt pro Quadratmeter abweichen. Um diesen gleichmäßigen Wärmeeintrag zu gewährleisten, sind Mindestgrößen für den Raum des Fahrleistungsprüfstandes vorgeschrieben. Dabei muss die Raumhöhe mindestens 3,05 Meter betragen. Die für die Klimaanlage-messungen ausgestatteten Fahrleistungsprüfstände sind für die Bestimmung von Verdunstungsemissionen nicht geeignet.

Bestehende Kabinen zur Bestimmung von Verdunstungsemissionen haben für gewöhnlich eine wesentlich geringere Raumhöhe. Weiters kommt hinzu, dass es ohne größere Umbauten nicht möglich ist, eine Kabine, die zur Volumenänderung einen Kunststoffbeutel verwendet, zusätzlich mit Wärmestrahlern auszustatten.

Ebenfalls muss es möglich sein, die eingebrachte Wärme über ein Kühlsystem mit Wärmetauscher abzuführen, um die Lufttemperatur während der Messung möglichst konstant zu halten.

Um Wärmestrahler in Kabinen zur Bestimmung von Verdunstungsemissionen betreiben zu können, müssten die Kabinen bereits grundsätzlich dafür ausgelegt sein. Eine Nachrüstung bestehender Anlagen ist kaum möglich. Weiters kommt hinzu, dass die elektrischen Einbauten in einer Kabine, anders als bei bestehenden Fahrleistungsprüfständen mit Wärmestrahlern, entsprechend den Richtlinien explosionsgefährdeter Bereiche ausgeführt sind. Es ist auch nicht bekannt, dass derzeit Running loss Kabinen<sup>79</sup> bestehen, welche mit Wärmestrahlern wie unter Abschnitt 2.4. beschrieben, ausgerüstet sind.

---

<sup>78</sup> vgl. [CFR B2009] § 86.161-00

<sup>79</sup> vgl. [CFR B2009] § 86.107-96, item (a) (2)

### 5.1.5. Vergleich der bestehenden und vorgeschlagenen Methoden

Um einen anschaulichen Vergleich der verschiedenen Methoden zu ermöglichen, wird eine Bewertung entsprechend der Erfüllung wichtiger Kriterien erstellt. Die Kriterien wurden auf Basis der persönlichen Erfahrung im Laborbetrieb definiert. Es ist möglich, dass diese von anderen Personen definiert, leicht abweichend ausfallen. Bei der Bewertung wird eine möglichst objektive Beurteilung der verschiedenen Methoden entsprechend den aufgeführten Kriterien durchgeführt.

**Tabelle 5-1: Bewertung der bestehenden und vorgeschlagenen Methoden**

	Anwendbarkeit bei modernen Fahrzeugkonzepten	Reale Aufheizung des Kraftstoffes möglich	Reale Aufheizung der Gasphase möglich	Anwendung in bestehenden Kabinen möglich	Geringer Aufwand je Messung bei bestehender Anlage
5.1.1. Direkt am Kraftstoffbehälter angebrachte Wärmequellen	-	+	+/O	O	-
5.1.2. Separates Konditioniersystem	+	+	O	O	-
5.1.3. Verlaufende Temperaturregelung der gesamten Raumlufte	+	O	-	-	+
5.1.4. Simulierte Sonnenstrahlung	+	+	+	-	+

+ : Anforderungen werden gut erfüllt / Durchführung einfach

O : Anforderungen werden teilweise erfüllt / Durchführung erfordert Anpassungen

- : Anforderungen werden nicht erfüllt / Durchführung nicht möglich

Aus der Tabelle 5-1 geht hervor, dass durch die Simulation der Sonnenstrahlung (Abschnitt 5.1.4.) die Darstellung der realen Bedingungen selbst bei modernen Fahrzeugkonzepten am besten umgesetzt werden könnte. Das einzig negativ bewertete Kriterium hat hier aber umso mehr Gewicht, da hierfür eine völlige



Neuauslegung der zu verwendenden Messkabinen erfolgen muss. Weder die Motorradhersteller noch behördeneigene oder unabhängige Labore verfügen derzeit über die hierfür nötige Ausstattung. Daher ist die Einführung dieser Methode mit Sicherheit als die kostenintensivste zu betrachten.

Die direkt am Kraftstoffbehälter angebrachten Wärmequellen (Abschnitt 5.1.5.) erfordern bereits bei klassischen Tanksystemen einen erheblichen Aufwand bei der Vorbereitung des Fahrzeuges für die Messung. Bei modernen Konzepten mit einem Tank in alternativer Position ist die Anwendung kaum oder gar nicht möglich. Weiters ist diese Methode auf Grund der nötigen Temperaturmessstellen im Tank kaum dazu geeignet, an einem in Betrieb befindlichen Fahrzeug ohne Beschädigung des Tanksystems angewendet zu werden.

Ein separates Konditioniersystem (Abschnitt 5.1.2.) findet bereits vereinzelt Verwendung. Da keine genauen Informationen bekannt sind, wie die Umsetzung im Detail erfolgt, kann der Aufwand nur abgeschätzt werden. Es wird daher davon ausgegangen, dass dieser höher ist als bei den anderen angeführten Methoden, besonders dann, wenn die Gasphase separat geregelt erwärmt werden soll. Hierfür wäre eine Kombination mit am Tank angebrachten Wärmequellen denkbar.

Die verlaufende Temperaturregelung der gesamten Raumlufte (Abschnitt 5.1.3.) ist in bestehenden Kabinen, welche nur für die Bestimmung der Verdunstungsverluste beim Heißabstellen oder speziell für die bestehende Motorradregelung gebaut wurden, auf Grund der fehlenden Temperierbarkeit während der Messung nicht möglich. Weiters ist es nicht möglich, die Gasphase gezielt zu erwärmen.

## **5.2. Alternative Methoden für den Wärmeeintrag**

Im Laufe meiner mehrjährigen Tätigkeit im Bereich Verdunstungsemissionen haben sich verschiedene Ideen ergeben, wie der Wärmeeintrag noch erfolgen kann. Die zwei wesentlichsten Möglichkeiten werden folgend dargestellt.

### 5.2.1. Konditionierung eines Teilstromes der Raumlufte

Angelehnt an die Methode der Tankerwärmung bei der Bestimmung von Running losses bei mehrspurigen Fahrzeugen wäre eine Erwärmung mittels gerichteter Heizgebläse denkbar.<sup>80</sup>

Um bei mehrspurigen Fahrzeugen die Erwärmung entsprechend realer Bedingungen durchzuführen, wird ein Tanktemperaturverlauf aufgezeichnet, welcher sich ergibt, wenn das Fahrzeug auf einer Teststrecke entsprechend eines vorgegebenen Fahrzyklus bewegt wird.<sup>81</sup> Für die Ermittlung ist ein sonniger Tag auszuwählen und die Temperatur des Straßenbelages muss mindestens 51,7 °C betragen. Bei Betrieb auf dem Running loss Fahrleistungsprüfstand ist ein auf den Tank gerichtetes Heizgebläse so zu regeln, dass der aufgezeichnete Temperaturverlauf des Kraftstoffes möglichst nachgebildet wird. Die aus dem Gebläse austretende Luft muss dabei eine Temperatur zwischen 29,4 °C und 71,1 °C haben.<sup>82</sup>

Um diese Möglichkeit der Tankerwärmung bei einem Motorrad nutzen zu können, müsste das Tanksystem bei betriebsbereitem Fahrzeug so zugänglich sein, dass die Erwärmung mit einem Heizgebläse erfolgen kann. Durch die Verwendung von zwei oder mehr Gebläsen, könnte die Gasphase separat geregelt erwärmt werden. Es wären aber Temperaturmessstellen im Tanksystem erforderlich, um die Heizgebläse wie gewünscht regeln zu können.

### 5.2.2. Konstante Temperaturregelung der gesamten Raumlufte

Eine neue Überlegung, das Tanksystem eines Fahrzeuges zu erwärmen, beruht darauf, das Fahrzeug während der Messung einer anderen lokalen Temperaturumgebung auszusetzen. Das kann geschehen, indem ein Fahrzeug aus einer kälteren Umgebung in die bereits auf eine höhere Messtemperatur vorgewärmte Kabine gebracht wird. Das Umluftgebläse in der Kabine<sup>83</sup> sorgt während der Messung dafür, dass in der gesamten Umgebung des Fahrzeuges die eingestellte Temperatur eingehalten wird. Die Erwärmung des Kraftstoffs erfolgt

---

<sup>80</sup> vgl. [CFR B2009] § 86.107-96, item (d) (3)

<sup>81</sup> vgl. [CFR B2009] § 86.129-94, item (4)

<sup>82</sup> vgl. [CFR B2009] § 86.107-96 (d) (3)

<sup>83</sup> vgl. [CARB 2009] PART III, section A, item 3.1.

verzögert in Abhängigkeit von Material, Form, Lage und Zugänglichkeit des Tanksystems. Während der Messung wird die Kraftstofftemperatur an die Kabinentemperatur angenähert. Dabei könnte die maximal gewünschte Kraftstofftemperatur über die Kabinentemperatur beeinflusst werden.

Die Erwärmung des Kraftstoffes würde zwar nicht linear erfolgen, aber das ist auch im normalen Tagesverlauf nicht der Fall.

**Tabelle 5-2: Bewertung neuer alternativer Methoden für die Erwärmung**

	Anwendbarkeit bei modernen Fahrzeugkonzepten	Reale Aufheizung des Kraftstoffes möglich	Reale Aufheizung der Gasphase möglich	Anwendung in bestehenden Kabinen möglich	Geringer Aufwand je Messung bei bestehender Anlage
5.2.1. Konditionierung eines Teilstromes der Raumlufte	-	O	O	O	-
5.2.2. Konstante Temperaturregelung der gesamten Raumlufte	+	O	-	+	+

+ : Anforderungen werden gut erfüllt / Durchführung einfach

O : Anforderungen werden teilweise erfüllt / Durchführung erfordert Anpassungen

- : Anforderungen werden nicht erfüllt / Durchführung nicht möglich

### 5.2.3. Vergleich der alternativen Methoden

Die Tabelle 5-2 zeigt ein stark differenziertes Bild der beiden alternativen Methoden. Die Konditionierung eines Teilstromes der Raumlufte (Abschnitt 5.2.1.) wäre nur bei Motorrädern mit einem unverkleideten Tank in klassischer Lage durchführbar. Bei verkleideten Kraftstoffbehältern oder solchen in alternativer Einbauposition wäre die Umsetzung ohne die Demontage von anderen Bauteilen jedoch nicht möglich. Weiters widerspricht der hohe Aufwand für die Anpassung der Regelung und die Vorbereitung des Fahrzeuges den Anforderungen an eine effiziente Methode.

Bei einer Methode mit konstanter Temperaturregelung der gesamten Raumluft (Abschnitt 5.2.2.) wäre es vielfach möglich, bestehende Kabinen zu verwenden. Es wäre die einzige Methode, welche keine oder geringe Investitionen an bestehenden Anlagen erfordert und bei modernen Fahrzeugkonzepten ohne Zusatzaufwand anwendbar ist. Weiters können in Betrieb befindlichen Fahrzeuge ohne Zerstörung des Kraftstoffbehälters gemessen werden. Abgesehen davon, dass es nicht möglich ist, die Gasphase separat zu erwärmen, werden viele gegebene Anforderungen an eine effiziente Methode erfüllt.

Im Weiteren werden Versuche basierend auf dieser besser bewerteten alternativen Methode durchgeführt. Da die verwendete Anlage, anders als die für Motorräder ausgelegten Kabinen, dazu geeignet ist, Messungen mit verlaufender Temperaturregelung der gesamten Raumluft durchzuführen, können die bei konstanter Temperatur entstehenden Emissionen mit denen aus einem Umgebungstemperaturverlauf verglichen werden.

## 6. BETRACHTUNG DER GEWÄHLTEN ALTERNATIVEN METHODE

Um die alternative Methode mit konstanter Messraumtemperatur anwenden zu können, ist es notwendig, ein Messverfahren festzulegen und Randbedingungen zu definieren.

### 6.1. Messverfahren

Die Bestimmung der Tankatmungsverluste ist ebenso wie die Bestimmung der Verdunstungsverluste beim Heißabstellen ein wesentlicher Teil eines gesamten Ablaufes zur Bestimmung der Verdunstungsemissionen eines Fahrzeuges. Da neue Fahrzeuge ab der Einführung einer Richtlinie mit Aktivkohlefallen ausgestattet sein werden, ist bei der Festlegung eines Gesamtablaufes für eine Richtlinie besonders auf die gewünschten Beladungszustände vor und nach den einzelnen Schritten zu achten. Das Verfahren für die Bestimmung der Tankatmungsverluste muss so in den gesamten Ablauf integriert werden, dass bei einem für die Bestimmung der Verdunstungsemissionen geeigneten Fahrzeug zu Beginn jeder Emissionsmessung ein stabiler, reproduzierbarer Zustand vorliegt.

Da Serienfahrzeuge in Europa derzeit keine Aktivkohlefalle haben, wurden die Versuche mit Fahrzeugen ohne Falle durchgeführt. Hierbei ist es weniger aufwändig, einen vergleichbaren Ausgangszustand für die Bestimmung der Tankatmungsverluste herzustellen. Deshalb wurde für die vorliegenden Versuche ein vereinfachter Ablauf festgelegt, der ein Verfahren für die Anwendung der Methode mit konstanter Kabinentemperatur enthält.

1. Das Fahrzeug muss technisch in Ordnung sein und sich in einem für die Messung geeigneten Zustand befinden.
2. Nach dem Ablassen des Tankstellenkraftstoffes aus dem Kraftstoffbehälter wird der Behälter mit einer geringen Menge Bezugskraftstoff<sup>84</sup> befüllt.
3. Der Motor wird so lange betrieben, bis der Tankstellenkraftstoff in der Kraftstoffversorgungsanlage verbraucht ist, auf jeden Fall aber so lange, dass die Abgasanlage samt Katalysator eine ausreichende Betriebstemperatur

---

<sup>84</sup> [70/220/EWG] Anhang IX ...zitiert in... [97/24/EG] Anhang IV

erreicht, damit nachfolgend bei stehendem Fahrzeug keine unverbrannten Kohlenwasserstoffe aus der Anlage entweichen können.

4. Nach erneutem Ablassen des Kraftstoffes wird der Kraftstoffbehälter zu 40 Prozent des Nennvolumens mit dem selben Bezugskraftstoff befüllt. Bei weiteren Messungen mit dem selben Fahrzeug sind die Schritte 2. und 3. nicht auszuführen.
5. Das mit Bezugskraftstoff befüllte Fahrzeug wird vor Beginn der Messung so lange in einem temperaturgeregelten Raum abgestellt, bis die Kraftstofftemperatur der Umgebungstemperatur entspricht. Abhängig von der Temperatur des Kraftstoffes beim Einfüllen sind dafür mehrere Stunden nötig.
6. Das Fahrzeug wird nach ausreichender Temperaturstabilisierung in die vorgewärmte Messkabine gestellt. Es erfolgt die Messung der Anfangswerte. Wenn es nicht möglich ist, die Versuchsfahrzeuge mit am Tank dicht verschraubten Kraftstofftemperaturmessstellen auszustatten, sind bei einer Messung die Kraftstofftemperaturen mit einem durch die Einfüllöffnung eingeführten Thermoelement zu bestimmen und bei einer weiteren identischen Messung mit verschlossenem Tank die Emissionen. Abhängig davon, ob es sich um eine Aufzeichnung der Kraftstofftemperatur oder eine Emissionsmessung handelt, werden die entsprechenden Werte ermittelt und abgespeichert.
7. Nach festgelegter Dauer erfolgt das Messen der Endwerte.

## **6.2. Randbedingungen**

Als wesentliche drei Randbedingungen gelten die Kraftstofftemperatur bei Messbeginn, die Temperatur in der Messkabine und die Dauer der Messung. Ausgehend von abgeleiteten Werten sollen mit einer begrenzten Anzahl an Messungen möglichst sinnvolle Randbedingungen gefunden werden.

### **6.2.1. Kraftstofftemperatur bei Messbeginn**

Die derzeitige gesetzliche Entwicklung sowohl in Kalifornien als auch in Europa tendiert dazu, Umgebungstemperaturverläufe wie bereits bei mehrspurigen Fahrzeugen eingesetzt anzuwenden. Um einen Vergleich der Ergebnisse zu

ermöglichen, werden die Messungen mit derselben Starttemperatur von 20 °C wie bei dem bestehenden europäischen Umgebungstemperaturverlauf<sup>85</sup> durchgeführt.

### **6.2.2. Temperatur in der Messkabine**

Die Kabinentemperatur während der Messung ist entscheidend für die erreichbare maximale Kraftstofftemperatur. Die maximale Kraftstofftemperatur beeinflusst im Wesentlichen die Masse der zu erwartenden Emissionen. Bei höheren Kraftstofftemperaturen wird der Siedebeginn des Bezugskraftstoffes eher erreicht. Der Siedebeginn liegt bei der verwendeten Kraftstoffart im Bereich zwischen 24 °C und 40 °C.<sup>86</sup>

Im Sinne der Vergleichbarkeit mit dem gegebenen Umgebungstemperaturverlauf werden bei jedem Versuchsfahrzeug Messungen mit einer Kabinentemperatur von 35 °C durchgeführt. Diese Temperatur entspricht der maximalen Temperatur des bestehenden Umgebungstemperaturverlaufes nach elf Stunden. Zusätzlich erfolgen einzelne Messungen mit höheren Kabinentemperaturen.

### **6.2.3. Dauer der Messung**

Die nötige Dauer der Messungen richtet sich nach der Erwärmung des Kraftstoffes und wird in den Versuchen ermittelt. Geachtet wird hierbei auf die Zeit, um eine gewünschte Solltemperatur zu erreichen. Als Sollwerte können die höchste Kraftstofftemperatur aus dem Umgebungstemperaturverlauf oder der T90 Temperaturwert, bei dem 90 % der Differenz zwischen der Kraftstofftemperatur zu Beginn und der Kabinentemperatur erreicht sind, herangezogen werden.

Die Dauer der Messung beeinflusst, aus welchen Quellen die Emissionen anteilmäßig stammen. Bei der eine Stunde dauernden Messung in Kalifornien geht es hauptsächlich darum, ob die Aktivkohlefaller durch vorhergehende Schritte ausreichend gespült wurde und ob sie dann über genügend Kapazität für die Aufnahme der Tankatmungsverluste während der Kraftstofferwärmung verfügt. Bei einem 24-stündigen Umgebungstemperaturverlauf und funktionierender Anlage zur Begrenzung von Verdunstungsemissionen kann der Anteil an Emissionen aus anderen Quellen wesentlich höher ausfallen. Bei der Verwendung eines

---

<sup>85</sup> s. Abbildung 1.1., S. 11

<sup>86</sup> [98/96/EG] Anhang IX

Kunststoffkraftstoffbehälters kann so die Kraftstoffpermeation einen merklichen Anteil zu der gesamten Emission betragen. Je nachdem, wie lange die Messung nach der neuen Methode bei einem Fahrzeug mit Aktivkohlefaller dauert, könnte sich die Gewichtung der Anteile aus den verschiedenen Emissionsquellen ändern.

### **6.3. Beschreibung der verwendeten Anlage**

Die verwendete Anlage wurde hauptsächlich für die Bestimmung von Heißabstellverlusten, Tankatmungsverlusten und Betankungsverlusten mehrspuriger Kraftfahrzeuge ausgelegt. Sie erfüllt alle derzeit hierfür geltenden Anforderungen entsprechend europäischen, kalifornischen und den nationalen US-amerikanischen Gesetzen und Richtlinien.

#### **6.3.1. Kabine zur Messung von Verdunstungsemissionen**



**Abbildung 6.1.: Innenansicht der Kabine**

Die Abbildung 6.1. zeigt die Messanlage der FH Joanneum Gesellschaft mbH. Es handelt sich um eine Kabine mit veränderlichem Volumen. Der Volumenausgleich erfolgt über einen innen angebrachten Kunststoffbeutel. Der einstellbare Temperaturbereich beträgt 18 °C bis 45 °C. Hersteller der Kabine ist die Firma Weiss Umwelttechnik GmbH, Lindenstruth.



Die Kabine ist mit mehreren zusätzlichen Anschlüssen für Thermoelemente des Typs J ausgestattet. In Verbindung mit entsprechenden Mantelthermoelementen ist es möglich, zusätzliche Temperaturen an gewünschten Stellen in der Kabine zu bestimmen. Mit diesen zusätzlichen Mantelthermoelementen werden die Kraftstofftemperaturen gemessen.

### 6.3.2. Kohlenwasserstoff-Analysator

Als Analysator dient der in Abbildung 6.2. dargestellte Flammenionisationsdetektor FID PM 2000 SHED der Firma Pierburg Instruments GmbH, Neuss. Der Analysator verfügt über vier konfigurierbare Messbereiche. Die bei den Messungen am häufigsten eingestellten Bereiche sind 10, 53, 100, und 250 ppm (auf Basis C<sub>1</sub>).



**Abbildung 6.2.: Flammenionisationsdetektor**

Für die Messungen an den Fahrzeugen ohne Aktivkohlefaller wurde der vierte Messbereich entsprechend des nächsthöheren für die Justierung zur Verfügung stehenden Gasgemischs auf 1000 ppm umgestellt.

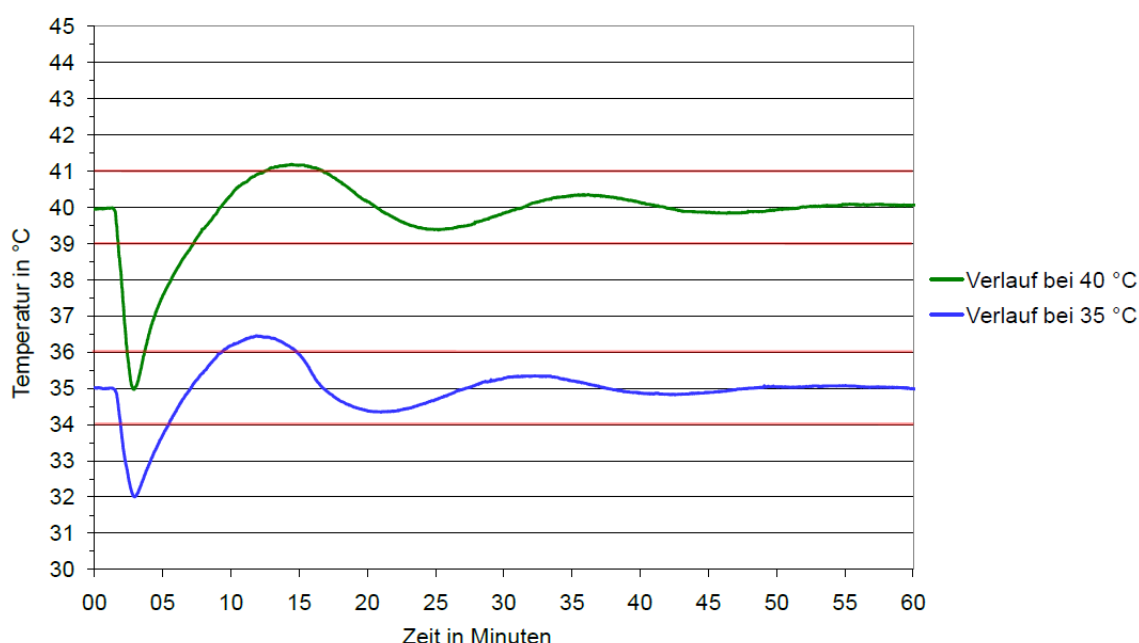
## 6.4. Anforderungen an die Messkabine

Da beim Einbringen des Fahrzeuges die Kabinentemperatur fällt, ist eine leistungsfähige Heizung nötig, um die Temperatur schnell wieder auf den gewünschten Wert zu bekommen. Die benötigte Zeit für das Einbringen des Motorrades setzt sich aus dem Öffnen des Tores, dem Hineinschieben des Fahrzeuges und gegebenenfalls der Ausrichtung eines zusätzlichen Gebläses sowie dem Schließen des Tores zusammen.

Bei der in Abschnitt 6.3.1. beschriebenen Kabine wird das Tor mit einem elektrisch angetriebenen Kettenzug angehoben und abgesenkt.

Für das Hineinschieben eines Motorrades und Hinzustellen eines Gebläses wurden bei Versuchen ungefähr 25 Sekunden benötigt. Wenn die Anlage alleine bedient wird, muss die Person nach dem Öffnen des Tores zu dem vor der Kabine geparkten Fahrzeug gehen und nach dem Einstellen wieder zurück zur Torsteuerung. In Summe sollte das Einstellen des Fahrzeuges jedenfalls in einer Minute möglich sein. Mit dieser maximal nötigen Zeit wurden Messungen durchgeführt, um herauszufinden, wie lange die Heizung benötigt, um die gewünschte Kabinentemperatur wiederherzustellen.

Die beiden in Abbildung 6.3. dargestellten Temperaturverläufe wurden mit der zur Verfügung stehenden Anlage bei 35 °C sowie 40 °C Kabinentemperatur und einer Umgebungstemperatur von jeweils 22 °C ermittelt. Die Aufzeichnung stellt zuerst eine Minute bei konstanter Temperatur dar. Danach folgen 18 Sekunden für das vollständige Öffnen und 60 Sekunden für das Einstellen des Fahrzeuges. Dann folgen wiederum 18 Sekunden, bis das Tor geschlossen ist. Zu diesem Zeitpunkt haben die Temperaturverläufe ihren niedrigsten Wert. Die Regelung der verwendeten Anlage ist für langsame Temperaturänderungen und nicht für derartige Ereignisse optimiert. Dennoch ist es in kurzer Zeit möglich, die Abweichungen kleiner 1 Kelvin zu halten.



**Abbildung 6.3.: Temperierung der Kabine nach dem Einbringen**

Die bei den Motorradherstellern verwendeten Kabinen sollten den Anforderungen an eine Kabine zur Messung der Heißabstellverluste nach der in Kalifornien

geltenden Regelung entsprechen. In dieser Regelung sind Temperaturgrenzen für einen wie oben dargestellten Ablauf, ausgehend von 40,6 °C Kabinentemperatur, festgelegt.<sup>87</sup> Demnach müssten diese Kabinen in der Lage sein, die gewünschte Temperatur ähnlich schnell wieder zu erreichen. Auf jeden Fall müssen sie für die Überprüfung des Rückhaltevermögens bis zu dieser Temperatur beheizbar sein. Daher sollte es möglich sein, jede Kabine mit geringem Aufwand für diese Messungen benutzbar zu machen.

Bei Kabinen mit festem Volumen ist es entscheidend, dass die Regelung nach dem Ereignis des Einstellens möglichst wenig schwingt, da die Messung erst nach dichtem Verschließen bei weitgehend erreichter Solltemperatur beginnen kann.

## 6.5. Versuchsfahrzeuge

Es wurden drei Versuchsfahrzeuge ausgewählt, die deutliche Unterschiede bei Material, Aufbau und Lage des Tanksystems aufweisen.

Eine Vertreterin des klassischen Motorradbaus mit einem Metalltank vor der Sitzbank und über dem Motor ist meine Enduro Honda XL650VY Transalp, welche in den letzten Jahren verschiedene Versuche gut ertragen hat.

Wesentlich moderner aufgebaut ist der Sporttourer R1200ST von BMW, dessen seitlich weit nach vorne reichender Kunststofftank vollständig von Verkleidungsteilen umgeben ist.

Stellvertretend für Fahrzeuge mit einem alternativen Aufbau wurde der Maxi-Roller Majesty YP400 von Yamaha ausgewählt, da kein Motorrad mit einer alternativen Tankposition zur Verfügung stand. Bei diesem Fahrzeug befindet sich der Tank mittig unter den Trittflächen.



**Abbildung 6.4.: Zusammenstellung der Versuchsfahrzeuge**

<sup>87</sup> [CARB 2009] PART III, section A, item 3.1.

Die Abbildung 6.4. stellt die drei Versuchsfahrzeuge dar.

Die für die Verdunstungsemissionen maßgeblichen Eigenschaften der Fahrzeuge sind in der nachfolgenden Tabelle 6-1 angeführt.

**Tabelle 6-1: Daten der Versuchsfahrzeuge**

Fahrzeugart	Enduro	Sporttourer	Maxi-Roller
Hersteller	Honda	BMW	Yamaha
Type	RD10	R1200ST	YP400
Modelljahr	2000	2006	2007
Tankmaterial	Stahlblech	Kunststoff	Stahlblech
Farbe des Tanks	grauschwarz lackiert	schwarz	schwarz lackiert
Nennvolumen	19 Liter	21 Liter	14 Liter
Exposition des Tanks	unverdeckt	voll verdeckt	voll verdeckt
Gemischaufbereitung	Vergaser	Einspritzung	Einspritzung

Da die bei den Versuchen verwendeten Fahrzeuge keine Aktivkohlefaller haben, ist davon auszugehen, dass ein wesentlicher Teil der Emissionen während der Messungen aus der Entlüftung des Kraftstoffbehälters stammt.

Die Tabelle 6-2 zeigt eine Abschätzung der Anteile an den Gesamtemissionen basierend auf der mehrjährigen Erfahrung im Bereich Verdunstungsemissionen.

**Tabelle 6-2: Mögliche Zusammensetzung der Gesamtemission**

	Enduro, Honda	Sporttourer, BMW	Maxi-Roller, Yamaha
Entlüftung Kraftstoffbehälter	4	4	4
Permeation Kraftstoffbehälter	0	2	0
Permeation Kraftstoffleitungen	1	1	1
Gemischaufbereitung	3	1	1

0: Kein Anteil

1: Sehr geringer Anteil

2: Geringer Anteil

3: Mittlerer Anteil

4: Großer Anteil

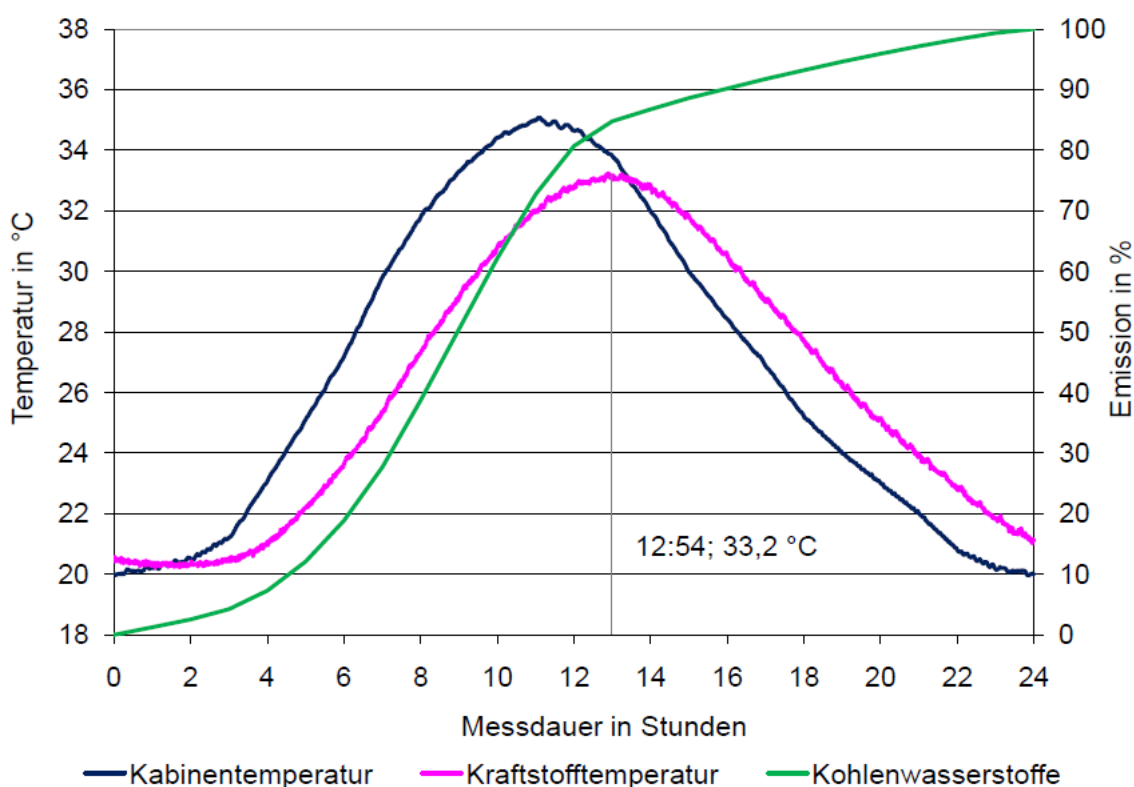
Die Anteile aus der Entlüftung der Kraftstoffbehälter und der Permeation durch die Kraftstoffleitungen können bei allen Fahrzeugen als jeweils ähnlich gewichtet angesehen werden. Bei der Enduro trägt die Gemischaufbereitung mittels Vergaser und der dabei zur Umgebung belüfteten Schwimmerkammern sicher einen wesentlichen Teil zu den Gesamtemissionen bei. Bei den beiden anderen

Fahrzeugen könnte der Restdruck in der Einspritzanlage nach dem Abstellen in Abhängigkeit von der Leckage der Einspritzventile über einen längeren Zeitraum zu Emissionen aus dem Ansaugsystem führen. Da hierfür keine Details bezüglich Restdruck und möglichen Leckagen bekannt sind, wurden die Anteile sehr gering gewichtet. Bei dem Kunststoffkraftstoffbehälter können geringe Permeationsverluste erwartet werden.

## 6.6. Messungen Enduro

### 6.6.1. Messwerte bei einem Umgebungstemperaturverlauf

Da es nicht möglich war, die Versuchsfahrzeuge mit fest montierten Temperaturmessstellen auszustatten, wurden die Abläufe jeweils zweimal durchgeführt. In der Abbildung 6.5. sind die Kraftstofftemperaturwerte und die Emissionen bereits gemeinsam dargestellt.



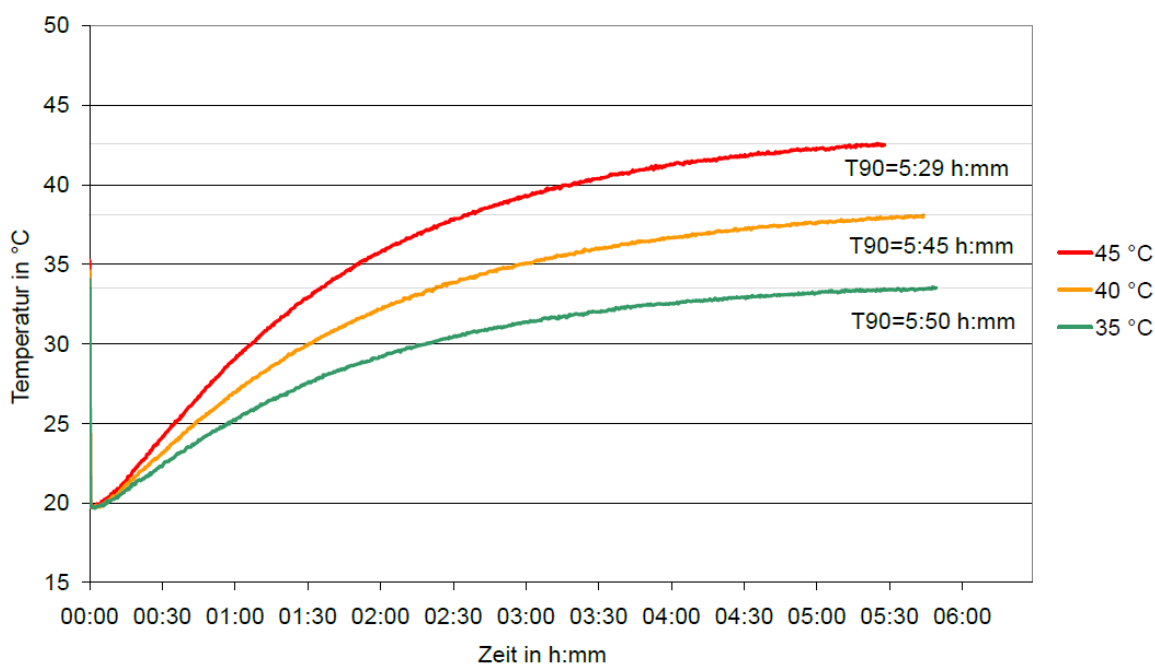
**Abbildung 6.5.: Messwerte Umgebungstemperaturverlauf, Enduro**

Der Maximalwert der Kraftstofftemperatur liegt mit 33,2 °C deutlich unter der höchsten Kabinentemperatur und wird erst annähernd zwei Stunden danach erreicht.

Die Darstellung des Emissionsverlaufes erfolgt in Prozent vom Endwert. Für den abgebildeten Verlauf wurde zwischen stündlich ermittelten Emissionswerten linear interpoliert. Deutlich erkennbar ist, dass der Emissionsverlauf bereits vor der höchsten Kabinentemperatur die maximale Steigung aufweist. Zwischen den beiden Temperaturmaxima ist die Steigung stark negativ gekrümmt. Ab der höchsten Kraftstofftemperatur verläuft die Zunahme flacher und es wird nur mehr ein vergleichsweise geringer Teil der gesamten Kohlenwasserstoffe emittiert.

### 6.6.2. Ermittlung der Kraftstofftemperaturverläufe

Um die nötige Dauer der Messungen mit konstanter Kabinentemperatur herauszufinden, wurden die Kraftstofftemperaturverläufe bei drei verschiedenen konstanten Temperaturen ermittelt. Als erste Kabinentemperatur wurde 35 °C gewählt. Die zwei weiteren Versuche wurden mit 40 °C und 45 °C Kabinentemperatur durchgeführt. Das mit 40 % des Nennvolumens befüllte Fahrzeug wurde nach einer ausreichend langen Temperierung bei 20 °C in die entsprechend vorgewärmte Kabine gebracht.



**Abbildung 6.6.: Kraftstofftemperaturverläufe bis T90, Enduro**

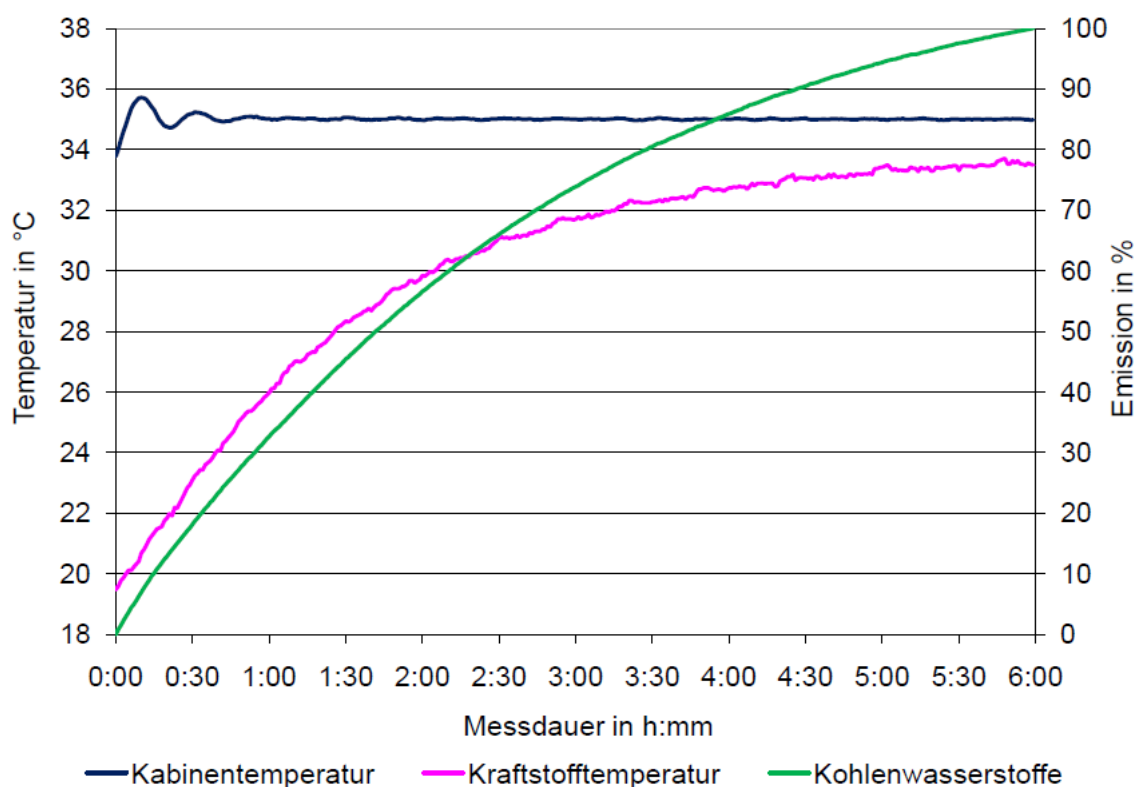
Ausgehend von 20 °C Anfangstemperatur werden 90 Prozent der Temperaturdifferenz bei 33,5 °C, 38 °C und 42,5 °C erreicht. Die Abbildung 6.6. stellt die Kraftstofftemperaturverläufe bis zum Erreichen dieser T90 Werte dar. Bei

diesem Fahrzeug wurde bei 35 °C Kabinentemperatur mit 5 h und 50 min der längste Zeitraum gemessen. Auf Basis dieser Werte wurde ein Versuchsablauf über sechs Stunden ausgewählt, um den Emissionsverlauf bei der Erwärmung aufzuzeichnen.

Sowohl bei den hier dargestellten Verläufen als auch bei allen weiteren durchgeführten Messungen wurde das Fahrzeug vor Beginn in der kürzest möglichen Zeit in der Kabine abgestellt, um die Abweichungen von der Kabinensolltemperatur so gering wie möglich zu halten.

### 6.6.3. Messwerte bei der Methode mit konstanter Kabinentemperatur

Die Abbildung 6.7. stellt die Temperaturen und den Emissionsverlauf während der sechsständigen Messung dar. Die Emissionen werden wieder in Prozent vom Endwert aufgetragen. Zu Beginn der Aufzeichnung ist das bereits in Abbildung 6.3. dargestellte Einschwingen der Kabinentemperatur nach dem Einbringen des Fahrzeuges erkennbar.



**Abbildung 6.7.: Messwerte bei konstant 35 °C Kabinentemperatur, Enduro**

Im Verlauf der Messung nähert sich die Kraftstofftemperatur an die Kabinentemperatur an. Der Kraftstofftemperaturverlauf und der Emissionsverlauf beginnen mit der höchsten Steigung und sind durchgehend degressiv.

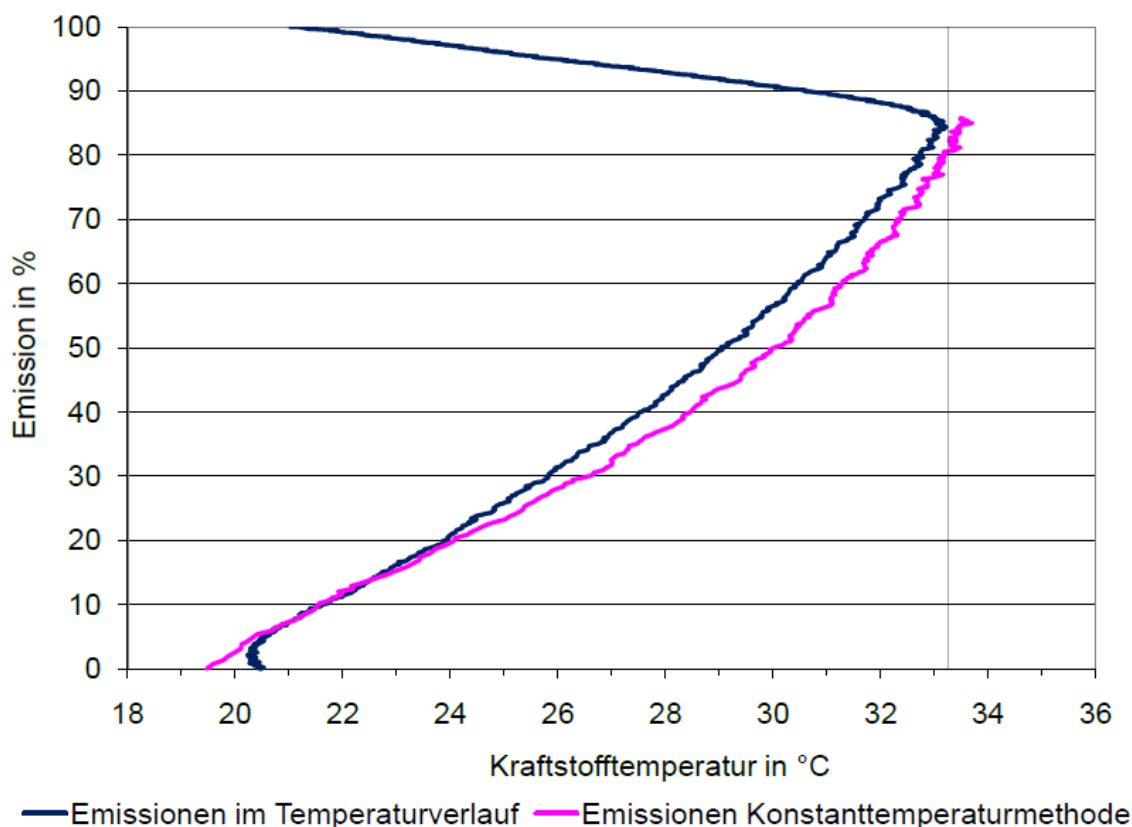
#### **6.6.4. Vergleich der Emissionsverläufe**

Um die beiden Methoden vergleichend darzustellen, werden die Emissionen in Abhängigkeit von der Kraftstofftemperatur aufgetragen. Während der in Abbildung 6.8. dargestellten Aufwärmphase des Kraftstoffes haben die Emissionen zu Beginn einen ähnlichen Verlauf. Bei weiter steigender Temperatur beginnen die Verläufe voneinander abzuweichen, was in den unterschiedlich langen Aufwärmphasen begründet sein könnte.

Während es bei dem Umgebungstemperaturverlauf beinahe 13 Stunden bis zum Erreichen der höchsten Kraftstofftemperatur dauert, wurde die selbe Kraftstofftemperatur mit der Konstanttemperaturmethode bereits nach vier Stunden und 55 Minuten erreicht. Wenn man diese unterschiedlich langen Zeiträume in die Betrachtung mit einbezieht, ist es erstaunlich, dass die beiden Verläufe so nahe beieinander liegen.

Da bei der Methode mit konstanter Kabinentemperatur nur eine Erwärmung des Kraftstoffes stattfindet, endet der Verlauf bei der höchsten Kraftstofftemperatur.





**Abbildung 6.8.: Umgebungstemperaturverlauf und 35 °C konstant, Enduro**

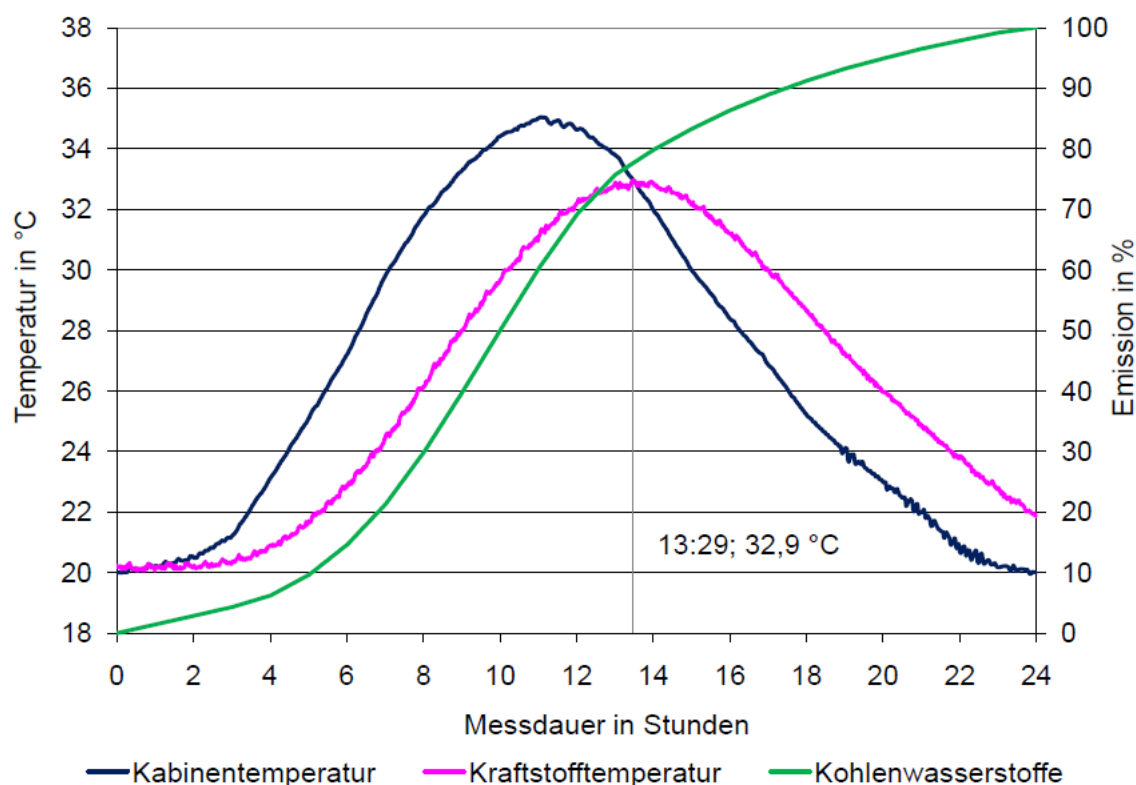
Betrachtet man die Emissionen bei der höchsten Kraftstofftemperatur von 33,2 °C im Umgebungstemperaturverlauf, beträgt der Wert 84,4 % des Endwertes. Das bedeutet, dass in den letzten elf Stunden der Messung nur 15,6 % der gesamten Kohlenwasserstoffe emittiert wurden. Mit der Konstanttemperaturmethode beträgt der Emissionswert bei Erreichen der selben Kraftstofftemperatur 80,4 % des Emissionsendwertes vom Umgebungstemperaturverlauf (Schnittpunkt des in Magenta dargestellten Emissionsverlaufes mit der vertikalen Hilfslinie). Am Ende der sechsstündigen Messung liegen die Emissionen bei 85,8 % der Endemissionen im Umgebungstemperaturverlauf.

## 6.7. Messungen Sporttourer

Der verwendete Sporttourer hatte im Gegensatz zu den anderen beiden Fahrzeugen keinen Hauptständer. Bei einer einstündigen Bestimmung der Tankatmungsverluste ist ein solches Fahrzeug mit geeigneten Hilfsmitteln in vertikaler Position abzustellen. Da bei der Konstanttemperaturmethode ein schnelles Einbringen des Fahrzeuges erforderlich ist, wurde das Motorrad bei allen

durchgeführten Messungen mit dem Seitenständer abgestellt. Somit sind die Messungen miteinander vergleichbar.

### 6.7.1. Messwerte bei einem Umgebungstemperaturverlauf



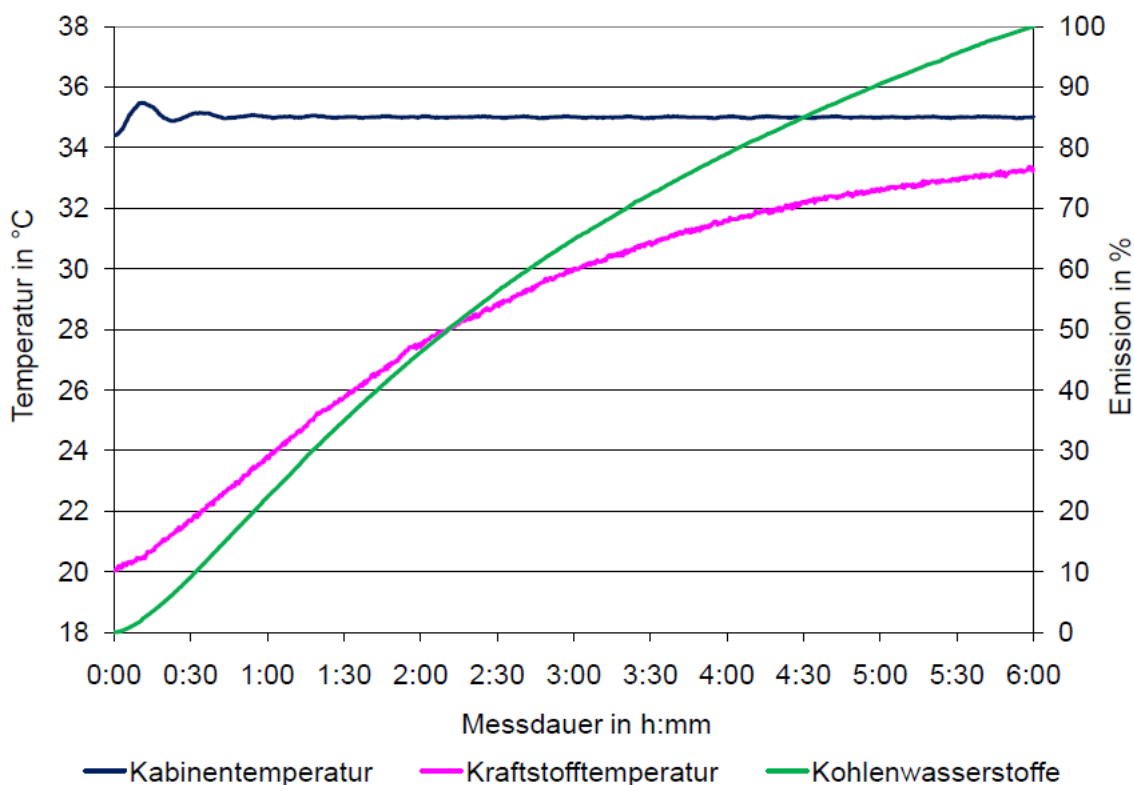
**Abbildung 6.9.: Messwerte Umgebungstemperaturverlauf, Sportourer**

Bei dem in Abbildung 6.9. dargestellten Kraftstoffverlauf wird die maximale Kraftstofftemperatur erst nach 13 h und 29 min erreicht. Der Wert liegt mit 32,9 °C unter dem bei der Enduro ermittelten Maximum. Dafür gibt es mehrere mögliche Gründe. Der Kraftstoffbehälter ist im Sichtbereich vollständig mit Verkleidungsteilen umgeben, wodurch er weniger gut von der Umgebungsluft in der Kabine umspült wird. Da der Kraftstoffbehälter aus Kunststoff gefertigt ist, ist die Wärmeübertragung von der Umgebungsluft an den Kraftstoff geringer. Weiters ist das Kraftstoffvolumen in der Tankhälfte mit dem Thermoelement wegen des größeren Nennvolumens und des geneigten Abstellens am Seitenständer höher.

Der ebenfalls dargestellte Emissionsverlauf hat eine etwas geringere maximale Steigung und ist auch ab der höchsten Kraftstofftemperatur weiterhin deutlich negativ gekrümmt. Auch bei diesem Fahrzeug wird der weitaus größere Anteil der Emissionen bei ansteigender Kraftstofftemperatur freigesetzt.

### 6.7.2. Messwerte bei der Methode mit konstanter Kabinentemperatur

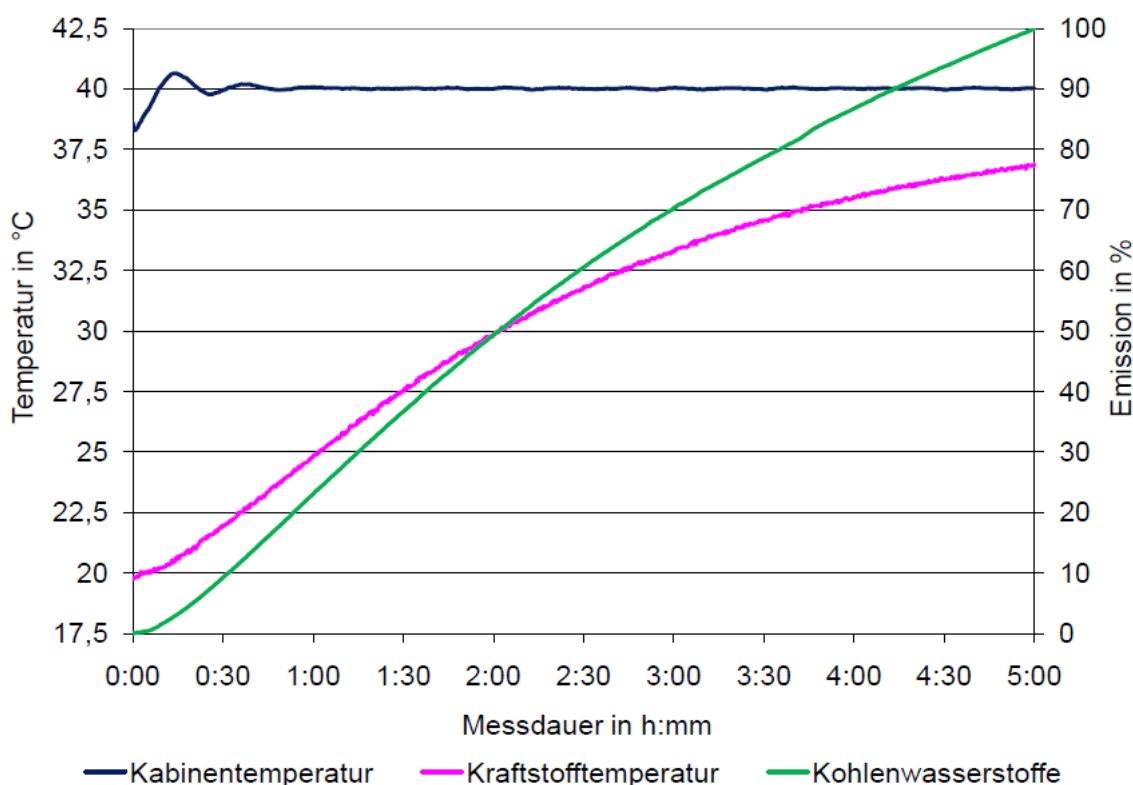
Die Messung bei konstanter Kabinentemperatur wurde wieder über einen Zeitraum von sechs Stunden durchgeführt.



**Abbildung 6.10.: Messwerte bei konstant 35 °C Kabinentemperatur, Sporttourer**

Der Verlauf der in Abbildung 6.10. dargestellten Kraftstofftemperatur beginnt mit einer positiven Krümmung und ist gesamt flacher als bei dem zuvor betrachteten Fahrzeug. Ein vergleichbares Bild zeigt sich beim Emissionsverlauf. Durch die langsamere Wärmeübertragung auf den Kraftstoff wurde die T90 Temperatur 33,5 °C in diesen sechs Stunden nicht erreicht. Bei weitergeführter Aufzeichnung erreicht die Kraftstofftemperatur den T90 Wert nach 6 h und 43 min.

Um einen schnelleres Erwärmen des Kraftstoffes zu erreichen, wurde die selbe Messung bei einer Kabinentemperatur von 40 °C durchgeführt. Auf Grund der nun deutlich höheren Kraftstofftemperaturen wurde die Dauer auf fünf Stunden reduziert.



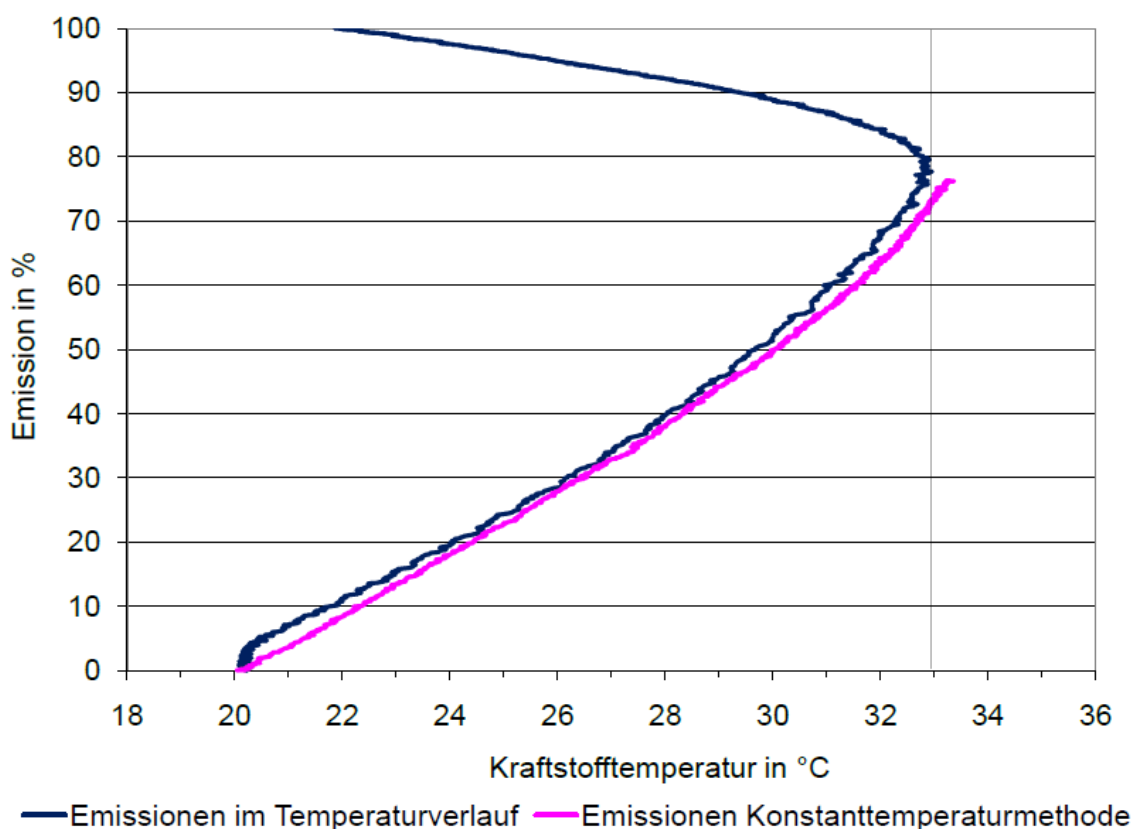
**Abbildung 6.11.: Messwerte bei konstant 40 °C Kabinentemperatur, Sporttourer**

Wie in Abbildung 6.11. erkennbar änderte sich an der Form der Verläufe kaum etwas. Jedoch wurden die bisherigen Temperaturziele viel schneller erreicht. Der Kraftstoffhöchstwert der Umgebungstemperaturverlaufsmessung 32,9 °C wurde bereits nach 2 h und 52 min überschritten. Nach weiteren 13 Minuten waren 33,5 °C erreicht. Der maximale Wert der Kraftstofftemperatur nach fünf Stunden betrug 36,9 °C. Die zur 40 °C Messung zugehörige T90 Temperatur von 38 °C wurde nicht erreicht.

### 6.7.3. Vergleich der Emissionsverläufe

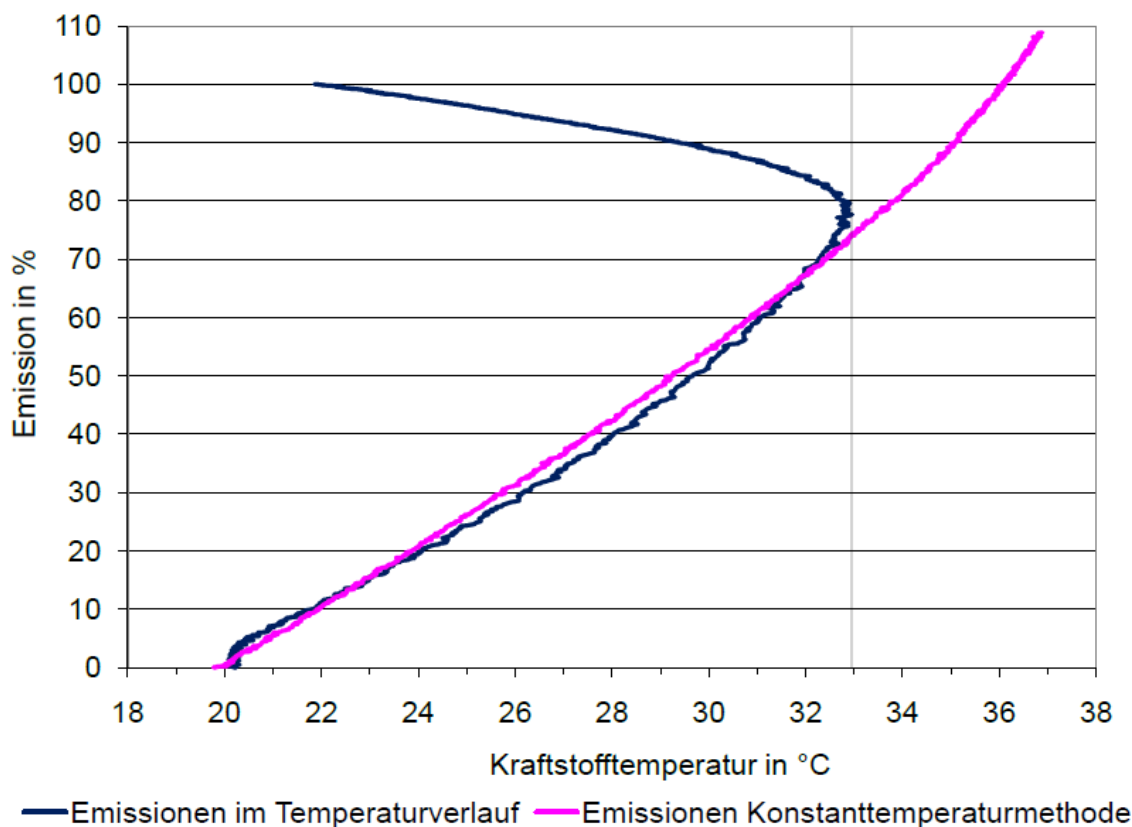
Beginnend mit dem Vergleich der Messung bei dem Umgebungstemperaturverlauf und der Messung mit der konstant auf 35 °C temperierten Kabine zeigen sich die in Abbildung 6.12. dargestellten Verläufe. Bei den Messwerten aus dem Umgebungstemperaturverlauf ist erkennbar, dass noch vor einem wesentlichen Anstieg der Kraftstofftemperatur annähernd fünf Prozent der Emissionen verursacht werden. Der diesem Bereich zu Grunde liegende Zeitraum beträgt ungefähr drei Stunden. In diesem Zeitraum verdunstet bereits Kraftstoff, welcher über die Tankentlüftung entweicht. Zusätzlich leistet die während des gesamten

Umgebungstemperaturverlaufes vorhandene Permeation durch die Wand des Kraftstoffbehälters auch in diesen drei Stunden im Anfangsbereich einen geringen Beitrag.



**Abbildung 6.12.: Umgebungstemperaturverlauf und 35 °C konstant, Sporttourer**

Auch die Abkühlung des Kraftstoffes während des Umgebungstemperaturverlaufs erfolgt bei diesem Fahrzeug langsamer. In den letzten zehn Stunden der Messung lag die Kraftstofftemperatur durchgehend über der Kraftstofftemperatur der Enduro im selben Zeitraum. Bedingt durch den höheren Kraftstofftemperaturverlauf in diesem Zeitraum fällt der ab der maximalen Kraftstofftemperatur emittierte Anteil mit 22,3 % höher aus. Dennoch werden 77,7 % der Gesamtemissionen im Umgebungstemperaturverlauf bis zum Erreichen der höchsten Kraftstofftemperatur abgegeben. Bei der Messung mit konstanter Kabinentemperatur werden bei der selben Kraftstofftemperatur 72,7 % der Endemissionen aus dem Umgebungstemperaturverlauf erreicht (Schnittpunkt des in Magenta dargestellten Emissionsverlaufes mit der vertikalen Hilfslinie). Der Emissionswert nach sechs Stunden bei konstanter Temperatur erreicht 76,3 % des Emissionswertes am Ende des Umgebungstemperaturverlaufs.

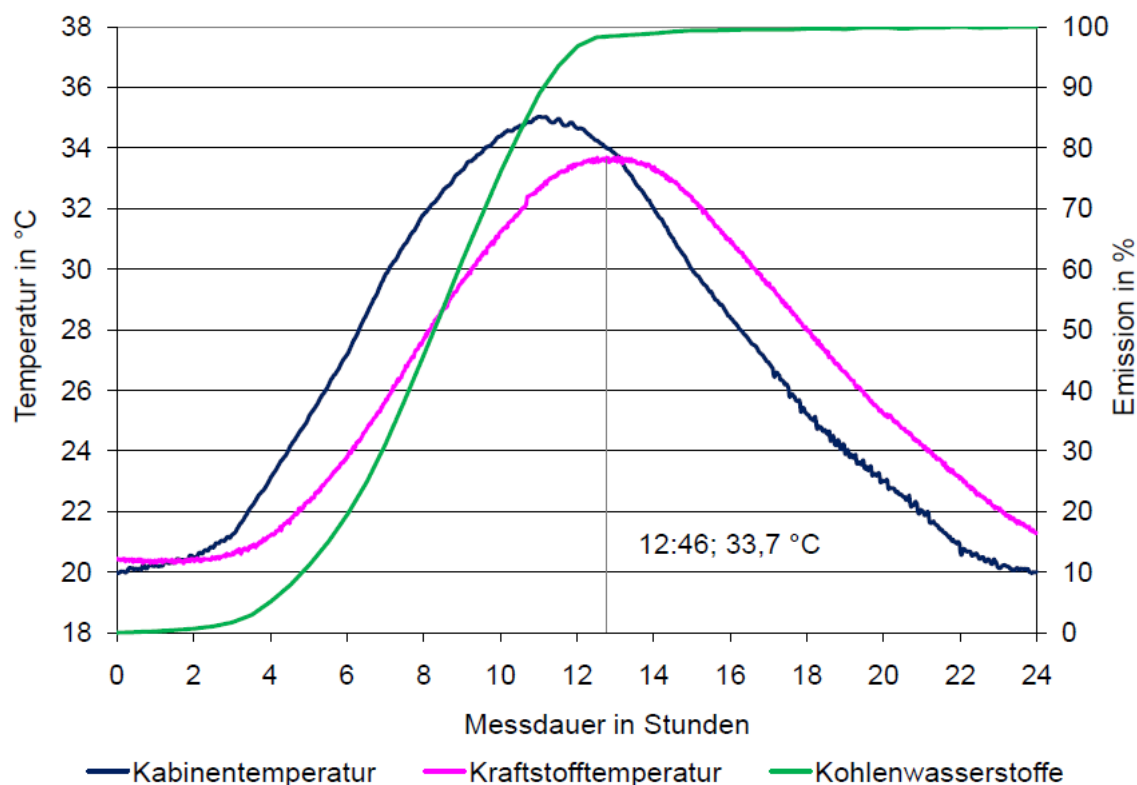


**Abbildung 6.13.: Umgebungstemperaturverlauf und 40 °C konstant, Sporttourer**

Die Abbildung 6.13. stellt den Vergleich der Emissionen im Umgebungstemperaturverlauf mit den Emissionen bei konstant 40 °C dar. Der erzielte Höchstwert der Emissionen bei der Konstanttemperaturmessung lag auf Grund der hohen erreichten Kraftstofftemperaturen bei 108,8 % des Gesamtwertes aus dem Umgebungstemperaturverlauf. Obwohl die Erwärmung wesentlich schneller erfolgte, liegen die Emissionsverläufe sehr nahe beieinander. Der Emissionswert bei der Messung mit konstanter Temperatur beträgt beim Erreichen von 32,9 °C Kraftstofftemperatur 73,7 % der Emission des Umgebungstemperaturverlaufs. Wenn man die beiden Emissionsvergleiche der 35 °C und der 40 °C Messung betrachtet, ist erkennbar, dass der Gradient des Kraftstofftemperaturverlaufes bei der Methode mit konstanter Kabinentemperatur einen geringen Einfluss auf die Masse der Emissionen hat. Dem entgegen ist die erreichte Kraftstofftemperatur wesentlich für die Höhe der Emissionen. Daher scheint der größte Teil der abgegebenen Kohlenwasserstoffe wie bereits vermutet aus der Tankentlüftung zu stammen.

## 6.8. Messungen Maxi-Roller

### 6.8.1. Messwerte bei einem Umgebungstemperaturverlauf



**Abbildung 6.14.: Messwerte Umgebungstemperaturverlauf, Maxi-Roller**

Der in Abbildung 6.14. dargestellte Kraftstofftemperaturverlauf zeigt, dass sich bei diesem Fahrzeug der Kraftstoff schneller erwärmt und eine höhere Temperatur erreicht als bei den beiden anderen Fahrzeugen. Die maximale Kraftstofftemperatur während des Umgebungstemperaturverlaufs liegt mit 33,7 °C sogar über dem T90 Wert von 33,5 °C. Ermöglicht wird das durch die besondere Anordnung, das Material und das geringe Volumen des Kraftstoffsystems. Der von oben und von den Seiten nicht sichtbare Kraftstoffbehälter ist auf einem Rahmen unter dem Fahrzeug montiert und hat eine sehr kompakte Form mit einem einzigen laibförmigen Volumen. An der Unterseite kann die Umgebungsluft den Behälter frei umströmen. Die Wärme wird dabei sehr gut an den Kraftstoff in dem Stahlblechbehälter übertragen. Der Behälter hat mit 14 Litern das kleinste Nennvolumen der in den Versuchen verwendeten Fahrzeuge. 40 Prozent dieses Nennvolumens sind gerade einmal 5,6 Liter, wodurch die starke Erwärmung in Verbindung mit anderen aufgezählten Gründen ermöglicht wird.

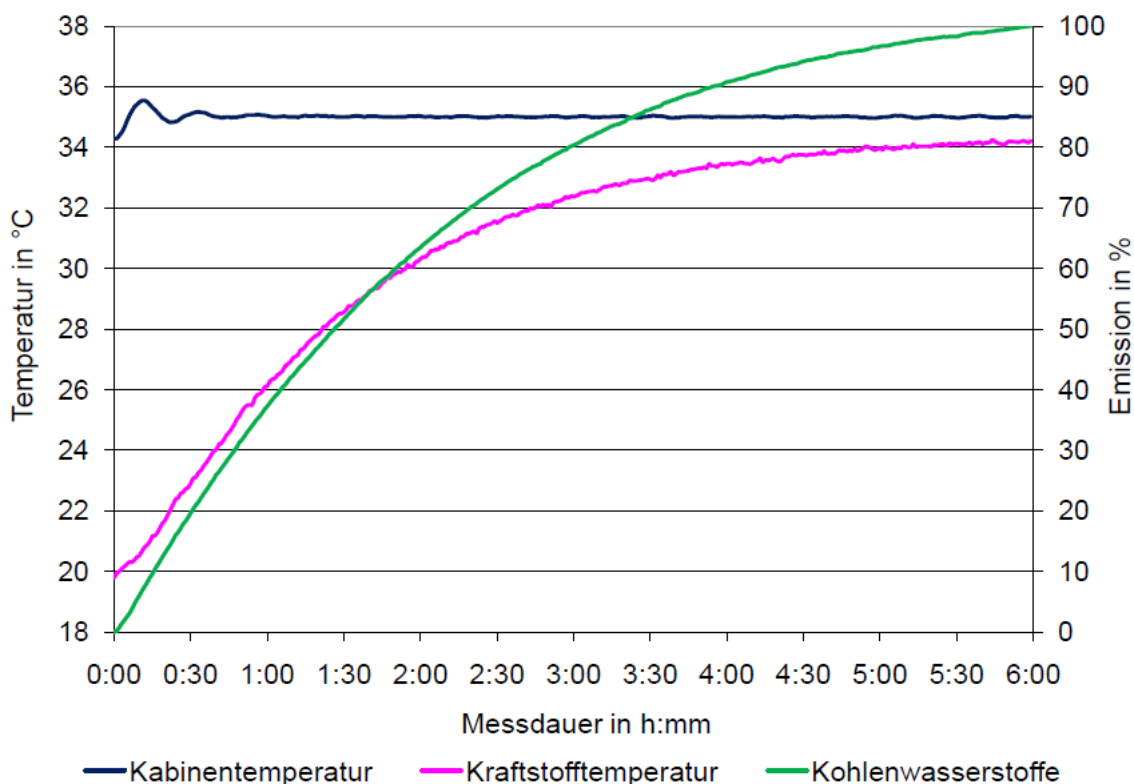
Eine Besonderheit ist der ebenfalls dargestellte Emissionsverlauf. Keines der zahlreichen in den letzten Jahren gemessenen Fahrzeuge, egal ob Personenkraftwagen oder Motorrad, lieferte einen vergleichbaren Verlauf. Ab Erreichen der höchsten Kraftstofftemperatur wurden bei diesem Fahrzeug kaum noch Kohlenwasserstoffe freigesetzt. Auch die gesamte Masse der freigesetzten Kohlenwasserstoffe war deutlich geringer als bei den beiden anderen Fahrzeugen. Bei der Suche nach der Begründung wurden die verschiedenen Quellen der Kohlenwasserstoffemissionen bei diesem Fahrzeug betrachtet. Dass in den letzten Stunden des Umgebungstemperaturverlaufs kaum Emissionen freigesetzt wurden zeigt, dass die Kraftstoffversorgungsanlage und die Kraftstoffleitungen in diesem Zeitraum und somit insgesamt nur in geringstem Ausmaß Anteil an den gesamten Emissionen haben. Weiters verursachte das Tanksystem, welches als gewichtigste Emissionsquelle anzusehen ist, in diesem Zeitraum ebenfalls kaum Emissionen. Somit stand nach einigen Überlegungen fest, dass die einzige Möglichkeit für die geringen Emissionen in den letzten Stunden der Messung darin bestünde, dass im Kraftstoffbehälter ein geringer Überdruck gehalten wird. Leider wurde bei den Versuchen noch nicht darauf geachtet, ob bei dem ersten Anheben des Tankverschlusses nach einer Erwärmung ein Druckabbau hörbar ist. Von einem kompetenten Vertragshändler wurde mir schließlich bestätigt, dass der Tankverschluss bei dem Versuchsfahrzeug neben einer Belüftungsfunktion auch ein Ventil aufweist, welches einen geringen Überdruck im Tank hält. Da das Fahrzeug bereits zurückgegeben war, konnte nicht ermittelt werden, bei welchem Überdruck das Ventil öffnet. Bis dahin waren mir Überdrücke in Tanksystemen nur bei vollelektrisch fahrfähigen Hybridfahrzeugen bekannt, um die Beladung der Aktivkohlefaller im elektrischen Betrieb einzuschränken.

#### **6.8.2. Messwerte bei der Methode mit konstanter Kabinentemperatur**

Bei der Messung mit konstanter Kabinentemperatur zeigte sich ebenfalls, dass die Kraftstofftemperatur bei diesem Fahrzeug schnell ansteigt. Bei dem in Abbildung 6.15. dargestellten Verlauf wird die maximale Kraftstofftemperatur 33,7 °C aus dem Umgebungstemperaturverlauf bereits nach 4 h und 23 min und die T90 Temperatur von 33,5 °C schon nach 4 h und 12 min erreicht. Am Ende der sechsständigen Messung betrug die Kraftstofftemperatur 34,3 °C, was bedeutet,



dass in den sechs Stunden 95,3 % der Differenz zwischen Kabinen- und Kraftstofftemperatur ausgeglichen wurden.

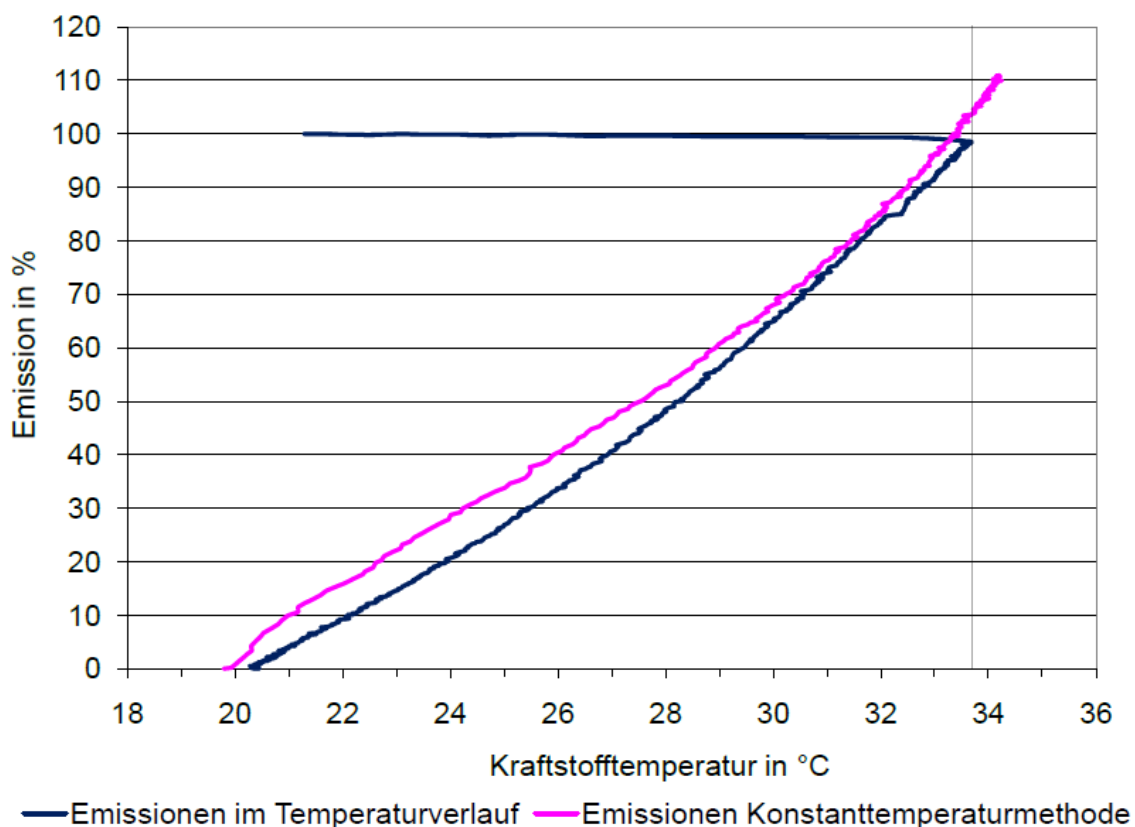


**Abbildung 6.15.: Messwerte bei konstant 35 °C Kabinentemperatur, Maxi-Roller**

Der Verlauf der Emissionen dieses Fahrzeuges ist im Vergleich mit den Verläufen der anderen Fahrzeuge stärker negativ gekrümmt und am Ende der Messung wesentlich flacher.

### 6.8.3. Vergleich der Emissionsverläufe

Den Vergleich der Emissionsverläufe aus den beiden Messungen stellt die Abbildung 6.16. dar. In dieser Abbildung ist erkennbar, dass die Emissionen aus dem Umgebungstemperaturverlauf am Beginn der Messung völlig linear von der Kraftstofftemperatur abhängig sind. Ein Anstieg der Emissionen in den ersten Stunden der Messung, in denen noch kaum eine Erwärmung des Kraftstoffes stattfindet, ist bei diesem Verlauf nicht vorhanden. Das Fehlen dieser starken Krümmung am Beginn des Verlaufes und der sehr flache Anstieg der Emissionen bei fallender Kraftstofftemperatur sind deutliche Hinweise auf ein Ventil, welches das Atmen des Tanks ohne einen bestimmten Überdruck nicht zulässt.



**Abbildung 6.16.: Umgebungstemperaturverlauf und 35 °C konstant, Maxi-Roller**

Die im unteren Teil abweichenden Verläufe nähern sich mit zunehmender Kraftstofftemperatur aneinander an. Bei der höchsten Kraftstofftemperatur im Umgebungstemperaturverlauf betragen die Emissionen 98,4 % vom Endwert derselben Messung. Die Emissionen aus der sechsstündigen Messung betragen bei selber Kraftstofftemperatur 103,6 % vom Endwert des Umgebungstemperaturverlaufs (Schnittpunkt des in Magenta dargestellten Emissionsverlaufes mit der vertikalen Hilfslinie). Nach vollen sechs Stunden wurden 110,9 % gemessen.

Obwohl dieses Fahrzeug in seinem Emissionsverhalten von den anderen Fahrzeugen abweicht, stimmen die Emissionen bei der höchsten gemeinsamen Kraftstofftemperatur gut überein.

## 7. ZUSAMMENFASSUNG

### 7.1. Erkenntnisse

Die Methode mit simulierter Sonnenstrahlung<sup>88</sup> wäre wohl am besten dazu geeignet, mit einem geringen Aufwand bei der einzelnen Messung die reale Erwärmung im Tagesverlauf nachzubilden. Die Umsetzung der Methode ist in bestehenden Messanlagen jedoch nicht möglich. Auch eine Erweiterung bestehender Anlagen ist größtenteils nicht durchführbar. Es wären völlig neue Gesamtanlagen nötig.

Interessant hierbei ist, dass in dem neuen Vorschlag für ein Messverfahren in Kalifornien<sup>89</sup> bei der Bestimmung der Tankatmungsverluste die Methode mit den direkt am Kraftstoffbehälter angebrachten Wärmequellen<sup>90</sup> durch die Methode mit verlaufender Temperaturregelung der gesamten Raumluf<sup>91</sup> abgelöst werden soll. Wenn für die Bestimmung der Running losses eine Anlage mit simulierter Sonnenstrahlung erforderlich wird, verwundert es, dass diese beste Methode für die möglichst reale Erwärmung nicht auch bei der Bestimmung der Tankatmungsverluste eingesetzt werden soll.

Die anderen Methoden, welche aus technischer Sicht eine reale Erwärmung der Gasphase über die Kraftstofftemperatur ermöglichen würden, sind nur mit hohem Aufwand anwendbar, da für jedes Fahrzeug ein tatsächlicher Temperaturverlauf der Gasphase an einem Sommertag ermittelt werden muss. Daher ist beispielsweise bei der in Kalifornien derzeit gültigen Regelung für alle Fahrzeuge der selbe Gasphasensolltemperaturverlauf<sup>92</sup> vorgeschrieben. Die Auswirkungen von Exposition, Material und Farbe des Kraftstoffbehälters werden nicht berücksichtigt. Hier stellt sich die Frage, ob es sinnvoll ist, einen so aufwändigen Messaufbau durchzuführen, um damit Temperaturverläufe abseits der real bei dem jeweiligen Fahrzeug entstehenden Werte nachzubilden.

---

<sup>88</sup> s. Abschnitt 5.1.4.

<sup>89</sup> s. Abschnitt 2.4.

<sup>90</sup> s. Abschnitt 5.1.1.

<sup>91</sup> s. Abschnitt 5.1.3.

<sup>92</sup> s. Abbildung 2.5., S. 26

Um den Aufwand bei der jeweiligen Messung gering zu halten, bleiben nur mehr die beiden Methoden übrig, bei denen die Gasphase nicht über die Kraftstofftemperatur erwärmt werden kann. Diese sind die verlaufende Temperaturregelung der gesamten Raumlufte und die konstante Temperaturregelung der gesamten Raumlufte<sup>93</sup>.

Aus den Vergleichen mit den Messungen der beiden Methoden geht hervor, dass die Methode mit konstanter Kabinentemperatur gut dazu geeignet ist, die Erwärmung des Kraftstoffes im Fahrzeug abzubilden. Die Messungen mit dem Umgebungstemperaturverlauf zeigten, dass bei Fahrzeugen ohne Aktivkohlefaller der größte Teil der Emissionen während der Aufwärmphase des Kraftstoffes verursacht wird. Bei Fahrzeugen mit Aktivkohlefaller ginge es bei den Messungen hauptsächlich darum, dass die Aktivkohlefaller ausreichend Kapazität für die Aufnahme der Emissionen hat und ob die Faller durch vorhergehende Fahrzyklen ausreichend gespült wurde. Diese beiden Kriterien lassen sich auch sehr gut ausschließlich mit der Erwärmung des Kraftstoffes überprüfen. Wesentlich an der neuen Methode ist, dass sie sich sowohl an klassisch aufgebauten Fahrzeugen als auch an modernen Fahrzeugkonstruktionen ohne erheblichen Mehraufwand umsetzen lässt. Weiters ist es möglich, in Betrieb befindliche Fahrzeuge ohne Beschädigung des Kraftstoffbehälters zu überprüfen. Ebenso sollten die bei den Motorradherstellern in Verwendung befindlichen Kabinen für die Umsetzung dieser Methode bereits geeignet sein oder sie können mit geringem Aufwand aufgerüstet werden. Für die Anwendung der Methode sind keine langwierigen und somit kostenintensiven Vorbereitungen am Versuchsfahrzeug erforderlich. Ferner können Behörden und Labore eine Überprüfung ohne notwendige Unterstützung durch die Hersteller oder Herstellervertreter durchführen.

Somit entspricht die Methode den anfangs festgelegten Anforderungen bezüglich der Effizienz und Durchführbarkeit bei modernen Fahrzeugkonzepten.

---

<sup>93</sup> s. Abschnitt 5.2.2.

## **7.2. Erforderliche Randbedingungen**

Vor Beginn der Versuche wurden in Abschnitt 6.2. Anfangs- und Endtemperaturen für die Messungen zur besseren Vergleichbarkeit von dem bestehenden Umgebungstemperaturverlauf bei mehrspurigen Fahrzeugen abgeleitet. Die erforderliche Dauer wurde bei dem ersten Versuchsfahrzeug für verschiedene Kabinentemperaturen ermittelt. Auf Grund der Ergebnisse aus den Versuchen können die gewählten Randbedingungen bewertet und eingegrenzt werden. Eine völlige Festlegung ist mit den bisher durchgeführten Versuchen jedoch noch nicht möglich.

### **7.2.1. Kraftstofftemperatur bei Messbeginn**

Die Kraftstofftemperatur von 20 °C kann durchaus als geeignete Anfangstemperatur für die Messung angesehen werden. Hierzu wäre es nötig, einen Raum mit ausreichend genauer Temperiermöglichkeit zur Verfügung zu haben. Da eine zugehörige Regelung nur eine fest eingestellte Temperatur einhalten muss, wäre dabei eine Heizung beziehungsweise Kühlung mit jeweils zwei Schaltpunkten ausreichend.

### **7.2.2. Temperatur in der Messkabine**

Betrachtet man die unter Abschnitt 4.1.3. beschriebenen realen Kraftstofftemperaturen an heißen Sommertagen, muss man feststellen, dass diese wesentlich über denen bei den durchgeführten Versuchen liegen. Die Versuchsmessungen wurden mit geringerer Kabinentemperatur durchgeführt, um die Vergleichbarkeit mit dem idealisierten Umgebungstemperaturverlauf zu gewährleisten. Dabei hat sich gezeigt, dass die Fahrzeuge ohne Aktivkohlefaller bereits bei diesen Temperaturen hohe Kohlenwasserstoffkonzentrationen in der Kabine verursachen.

Um die realen Bedingungen nachzubilden, wäre es auf jeden Fall erforderlich, die Messung mit einer höheren konstanten Kabinentemperatur durchzuführen. Davon ausgehend, dass die Kraftstofftemperatur an Sommertagen 40 °C erreichen kann und man diese Temperatur als T90 Wert ansieht, wäre eine konstante Kabinentemperatur von mindestens 42,2 °C bei der Messung durchaus vorstellbar.

Hierbei müssten die bestehenden Anlagen möglicherweise mit höheren Heizleistungen nachgerüstet werden, um diese Kabinentemperatur in ausreichend geringer Zeit zu erreichen.

### **7.2.3. Bezugskraftstoff**

Bei der Definition der Randbedingungen vor der Durchführung der Versuche wurde der Einfluss des Bezugskraftstoffes nicht separat erwähnt. Messungen an Motorrädern werden derzeit<sup>94</sup> noch mit dem in der PKW Abgasnorm Euro 4 beschriebenen Bezugskraftstoff<sup>95</sup> durchgeführt. Da die Flüchtigkeit des verwendeten Kraftstoffes für die Bestimmung der Verdunstungsemissionen mehrspuriger Kraftfahrzeuge bei maximal 35 °C Umgebungstemperatur abgestimmt ist, wären bei über 40 °C liegenden Kabinentemperaturen wesentlich höhere Konzentrationen entstanden. Für Messungen bei höheren Temperaturen müsste es einen anderen Bezugskraftstoff mit einem höher liegenden Siedebeginn geben. Im Idealfall sollte der Bereich für den Siedebeginn schmal definiert sein, um die Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit von Messungen bei der Verwendung von Bezugskraftstoffen aus verschiedenen Chargen zu verbessern.

### **7.2.4. Dauer der Messung**

Wie bereits erwähnt, beeinflusst die Dauer der Messung die Zusammensetzung der Emissionen aus den verschiedenen Quellen am Fahrzeug. Wenn es darum geht, die Funktion der Anlage zur Begrenzung von Verdunstungsemissionen zu überprüfen, kann die Messung bei entsprechend steilem Anstieg der Kraftstofftemperatur eher kurz gehalten werden, da sich gezeigt hat, dass die Emissionen während der Erwärmung hauptsächlich von der Kraftstofftemperatur und weniger von der Dauer bei der Erwärmung abhängig sind.

Wenn stärker zeitabhängige Verluste wie zum Beispiel die Permeation mitbestimmt werden sollen, ist eine längere Messdauer zielführender. Da der Emissionsverlauf mit rückläufigem Anstieg der Kraftstofftemperatur ebenfalls abflacht, ergibt sich gegen Ende der Messung ein Spielraum, um die Messdauer zugunsten der Mitbestimmung der Permeation geringfügig auszudehnen.

---

<sup>94</sup> [70/220/EWG] Anhang IX ...zitiert in... [97/24/EG] Anhang IV

<sup>95</sup> [70/220/EWG] Anhang IX, geändert durch [98/69/EG] Anhang IX

Auf jeden Fall sollte bei der Festlegung der Messdauer die Durchführbarkeit im normalen Laborbetrieb betrachtet werden. Wenn man davon ausgeht, dass das Fahrzeug über Nacht in einem temperaturgeregelten Raum abgestellt und zu Arbeitsbeginn mit dem Aufheizen der Kabine begonnen wird, sollte die Messdauer maximal sechs Stunden betragen, damit dasselbe Personal das Ende der Messung betreuen kann, ohne über eine normale Tagesarbeitszeit zu kommen. Eine wesentlich geringere Messdauer könnte dazu führen, dass die Hersteller ihre Kraftstoffbehälter so mit wärmeisolierendem Material ausstatten, dass die Fahrzeuge bei der Messung wesentlich geringere Emissionen verursachen als bei einer mehr als zehnstündigen realen Erwärmungsphase an einem Sommertag.

Wie sich bereits in den Versuchen gezeigt hat, verläuft die Erwärmung des Kraftstoffes bei verschiedenen Fahrzeugen unterschiedlich schnell. Da die verschiedenen Fahrzeuge an einem Sommertag dem selben Tagestemperaturverlauf ausgesetzt sind, ist es aus meiner Sicht dennoch nicht notwendig, die Dauer für verschiedene Fahrzeugkonzepte zu variieren.

Eine endgültige Festlegung der Messdauer kann erst bei Vorliegen ausreichender Messdaten mit entsprechend höheren Temperaturen unter Beachtung der oben angeführten Details erfolgen.

Weiters wäre es zur Überprüfung der Funktion der Anlage zur Begrenzung von Verdunstungsemissionen durchaus denkbar, die Erwärmung des Kraftstoffes bei konstanter Kabinentemperatur an zwei aufeinander folgenden Tagen ohne ein dazwischen liegendes Spülen der Aktivkohlefaller zu wiederholen, um die ausreichende Kapazität der Aktivkohlefaller bei real längeren Abstellphasen sicherzustellen.

### **7.3. Ausblick**

Im Verlauf der Arbeit konnte gezeigt werden, dass die erarbeitete Methode dazu geeignet ist, um eine einfache und kostengünstige Bestimmung der Tankatmungsverluste an modernen Fahrzeugen ebenso wie an klassischen Motorradkonzepten zu ermöglichen. Um die Randbedingungen exakt festzulegen, sind jedoch weitere Messungen bei höheren Kabinentemperaturen mit einem für diese Temperaturen entsprechenden Kraftstoff erforderlich.

Bei der Betrachtung der technischen Entwicklung stellt sich die Frage, ob es sinnvoll ist, in einer zukünftigen europäischen Richtlinie eine Erwärmung des Kraftstoffbehälters, wie von der Herstellervereinigung beabsichtigt, festzulegen, besonders dann, wenn die als Vorbild dienende Methode in der kalifornischen Regelung nach fast dreißig Jahren als überholt geltend abgelöst werden soll.

Leider ist es so, dass bis zur Einführung einer Richtlinie die Fahrzeuge lange Zeit ungeprüft hohe Emissionen verursachen. Ab der Einführung einer Richtlinie werden die Fahrzeuge mit einem System zur Begrenzung von Verdunstungsemissionen ausgestattet sein. Danach soll mit einem womöglich kaum nachvollziehbaren Aufwand nach kleinsten Abweichungen von ohnehin niedrigen Grenzwerten gesucht werden. Hier würde eine in kürzester Zeit mögliche Umsetzung der in dieser Arbeit dargestellten effizienten Methode eine Alternative anbieten.

Zur Bestimmung der stärker zeitabhängigen Emissionen, wie zum Beispiel der Permeation, wäre die Einführung einer weiteren Messung auf Basis der selben Methode, allerdings ohne Differenztemperatur beim Einstellen, denkbar. So könnte ein über 24 h bei beispielsweise konstant 25 °C eingestelltes Fahrzeug mit aus der Kabine herausgeführter Tankentlüftung gemessen werden. Dabei würden alle nicht aus der Tankatmung stammenden und dennoch zeitabhängigen Emissionen berücksichtigt werden. Diese Messung wäre ebenfalls in bestehenden Kabinen durchführbar und könnte bei einem ausreichend gealterten Fahrzeug ohne wesentliche Vorbereitungen mit Fahrzyklen durchgeführt werden.

Auf jeden Fall soll das Wissen im Bereich der Verdunstungsemissionen am Studiengang Fahrzeugtechnik der FH Joanneum Gesellschaft mbH sowohl in der Breite als auch in der Tiefe weiter ausgebaut werden. Hierfür sind auch in Zukunft weiterführende Messungen an zweispurigen Fahrzeugen angedacht.



## 8. ANLAGEN

### 8.1. Detaillierte Daten verschiedenen Modelljahre

In den in diesem Abschnitt enthaltenen Tabellen sind die Daten von insgesamt 655 Motorradmodellen aufgelistet. Auf Grund der hohen Anzahl der Modelle konnte nicht bei allen Fahrzeugen eine Vor-Ort-Kontrolle der angegebenen Daten durchgeführt werden. Bei vielen älteren Fahrzeugen musste auf die Angaben von Motorradclubs oder Motorradsammlern weltweit zurückgegriffen werden. Die Daten von vielen aktuellen Fahrzeugen konnten durch zahlreiche Besuche bei Vertragshändlern festgestellt werden. Bei selteneren neuen Modellen wurden entferntere Händler mit einem vorrätigen Fahrzeug befragt. Trotz sorgfältiger Recherche kann daher die vollständige Richtigkeit der Angaben nicht garantiert werden.

#### 8.1.1. Überblick über die Daten aller genannten Modelljahre

Die Tabelle zeigt die wesentlichen technischen Daten der Motorräder seit der Entwicklung der ersten Methode für die Bestimmung der Tankatmungsverluste und dient als Quelle für die in Abschnitt 3.2. dargestellten Diagramme.

Mj.	Tankmaterial		Lage des Tanks		Exposition bezüglich Sonnenstrahlung			Gemischaufbereitung	
	Metall	Kunststoff	klassisch	andere	unverdeckt	teilverdeckt	vollverdeckt	Vergaser	Einspritzung
1974	37	3	40	0	40	0	0	39	1
1984	116	3	116	3	111	2	6	112	7
1990	113	13	124	2	100	15	11	117	9
2000	129	54	177	6	146	21	16	123	60
2010	115	72	157	30	101	65	21	0	187

### 8.1.2. Modelljahr 1974

Hersteller	Typ oder Handelsbezeichnung	Hubraum	Tankmaterial	Lage d. Tanks	Expos.	Gemischaufb.
Benelli	650 Tornado S	643	Metall	klassisch	0	Vergaser
Benelli	750 Sei	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	R 60/6	599	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	R 75/6	745	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	R 90/6	898	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	R 90 S	899	Metall	klassisch	0	Vergaser
Ducati	750 GT	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Ducati	750 S	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Dunstall Honda	750	736	GFK	klassisch	0	Vergaser
Dunstall Norton	850 Mk. 1	828	Metall	klassisch	0	Vergaser
Dunstall Norton	850 Mk. 2	828	Metall	klassisch	0	Vergaser
Dunstall Norton	850 Mk. 3	828	GFK	klassisch	0	Vergaser
Dunstall Norton	850 Mk. 4	828	GFK	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	XL (XLCH) 1000	1000	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	FX 1200	1207	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	FLH 1200	1207	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	CB 750 Four	736	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	750 Mach IV H 2	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	750 RS	746	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	900 Super 4	903	Metall	klassisch	0	Vergaser

Laverda	750 SF	744	Metall	klassisch	0	Vergaser
Laverda	1000	980	Metall	klassisch	0	Vergaser
Maico	MC 501	501	Metall	klassisch	0	Vergaser
Moto Guzzi	V 7 Sport 750	748,4	Metall	klassisch	0	Vergaser
Moto Guzzi	V 7 GT 850	844	Metall	klassisch	0	Vergaser
Moto Guzzi	V 7 California 850	844	Metall	klassisch	0	Vergaser
Münch	4 - 1200 TTS	1177	Metall	klassisch	0	Vergaser
Münch	4 - 1200 TTS-E	1177	Metall	klassisch	0	Einspritzung
MV Agusta	750 GT	743	Metall	klassisch	0	Vergaser
MV Agusta	750 S	743	Metall	klassisch	0	Vergaser
Norton	Commando 850 Interstate	828	Metall	klassisch	0	Vergaser
Norton	Commando 850 Roadster	828	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GT 550	544	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GT 750	738	Metall	klassisch	0	Vergaser
Triumph	Bonneville 650 T 120 V	649	Metall	klassisch	0	Vergaser
Triumph	Tiger 750 TR 7 V	744	Metall	klassisch	0	Vergaser
Triumph	Bonneville 750 T 140 V	744	Metall	klassisch	0	Vergaser
Triumph	Trident T 150 V	741	Metall	klassisch	0	Vergaser
Ural	M 66 (solo)	650	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	TX 750	743	Metall	klassisch	0	Vergaser

### 8.1.3. Modelljahr 1984

Hersteller	Typ oder Handelsbezeichnung	Hubraum	Tankmaterial	Lage d. Tanks	Expos.	Gemischaufb.
AME	SC 600	902	Metall	klassisch	0	Vergaser
AME	ST 800	1338	Metall	klassisch	0	Vergaser
Benelli	654 Sport	604	Metall	klassisch	0	Vergaser
Benelli	900 Sei	906	Metall	klassisch	2	Vergaser
Benelli	900 Sei Spezial	906	Metall	klassisch	2	Vergaser
BMW	R 65	650	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	R 65 LS	650	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	R 80 ST	798	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	R 80 RT	798	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	R 80 G/S	798	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	R 100	980	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	R 100 CS	980	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	R 100 RT	980	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	R 100 RS	980	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	K 100	987	Metall	klassisch	0	Einspritzung
BMW	K 100 RT	987	Metall	klassisch	0	Einspritzung
BMW	K 100 RS	987	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Donghai	SM 750	746	Metall	klassisch	0	Vergaser
Ducati	600 TL	579	Metall	klassisch	0	Vergaser
Ducati	600 Pantah	579	Metall	klassisch	0	Vergaser

Ducati	900 S 2	864	Metall	klassisch	0	Vergaser
Ducati	900 SS Replica	864	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	XLX 61	998	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	XLH Sportster	998	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	XLS Roadster	998	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	FXE Super Glide	1332	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	FXSB Low Rider	1332	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	FXWG Wilde Glide	1332	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	XR 1000	998	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	FXST Softail	1332	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	FXRS Low Glide	1332	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	FXRT Sport Glide	1332	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	FLHTC Classic Electra Glide	1332	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	FLTC Tour Glide Classic	1332	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	FLH Classic Electra belt drive	1332	Metall	klassisch	0	Vergaser
Hesketh	V 1000 Vampire	992	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	CBX 550 F	573	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	CBX 550 F2	573	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	CBX 650 E	656	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	CX 650 E	674	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	CX 650 C	674	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	CX 650 T	674	Metall	klassisch	1	Einspritzung

Honda	GL 650	674	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	CBX 750 F	747	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	VF 750 S	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	VF 750 F	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	VF 750 C	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	VF 1000 F	998	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	GL 1100 DX	1085	Metall	u. Sitzbank	2	Vergaser
Honda	CB 1100 F	1062	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	VF 1000 R	998	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	GL 1200 DX	1183	Metall	u. Sitzbank	2	Vergaser
Honda	VF 1100 C	1099	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	XLV 750 R	749	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	XL 600 R	589	Metall	klassisch	0	Vergaser
Husquarna	510 TE	503	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	Z 550 Sport	554	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	Z 550 GT	554	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	Z 550 GP	554	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	Z 550 LTD	554	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	Z 750 Sport	739	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	Z 650 F	650	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	Z 750 Turbo	733	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Kawasaki	Z 750 GT	739	Metall	klassisch	0	Vergaser

Kawasaki	Z 750 GP	739	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	Z 900 GP R	901	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	Z 750 LTD Belt Drive	745	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	Z 750 LTD	739	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	Z 1000 J	999	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	Z 1000 LTD	999	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	Z 1100 ST	1090	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	Z 1100 GP	1090	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Kawasaki	Z 1300	1277	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Kawasaki	KLR 600	564	Metall	klassisch	1	Vergaser
KTM	500 K 4	504	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
KTM	GS 600	562	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
Laverda	1000 RGS	981	Metall	klassisch	0	Vergaser
Laverda	1000 RGS Corsa	981	Metall	klassisch	0	Vergaser
Laverda	1000 RGS Executiva	981	Metall	klassisch	0	Vergaser
Moto Guzzi	V 65	643	Metall	klassisch	0	Vergaser
Moto Guzzi	V65 Sport	643	Metall	klassisch	0	Vergaser
Moto Guzzi	850 T 4	844	Metall	klassisch	0	Vergaser
Moto Guzzi	850 Le Mans III	844	Metall	klassisch	0	Vergaser
Moto Guzzi	850 T5	844	Metall	klassisch	0	Vergaser
Moto Guzzi	1000 California II	949	Metall	klassisch	0	Vergaser
Moto Guzzi	1000 Le Mans III	992	Metall	klassisch	0	Vergaser

Moto Guzzi	SP II	949	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX 550 ES	572	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX 550 EF	572	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GR 650 X	651	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX 750 ES	747	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX 750 EF	747	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX 750 S Katana	747	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX 1100 E	1074	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX 1100 ES	1074	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX 1100 EF	1135	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX 1100 S Katana	1074	Metall	klassisch	0	Vergaser
SWM	XM 506	504	Metall	klassisch	0	Vergaser
Ural	M67-6-40	650	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XJ 550	529	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XZ 550 S	553	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XZ 550	553	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XJ 600	598	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XS 650	654	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XS 650 SE	653	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XJ 650	653	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XJ 650 Turbo	653	Metall	klassisch	2	Vergaser
Yamaha	XJ 750	749	Metall	klassisch	0	Vergaser



Yamaha	XJ 750 F	749	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XV 750 SE	749	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	TR 1	981	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XJ 900 F	853	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XV 1000 SE	981	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	FJ 1100	1079	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XVZ 12 T	1198	Metall	u. Fahrersitz	2	Vergaser
Yamaha	XT 550	558	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XT 600	595	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XT 600 Tenere	595	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	TT 600	595	Metall	klassisch	0	Vergaser

#### 8.1.4. Modelljahr 1990

Hersteller	Typ oder Handelsbezeichnung	Hubraum	Tankmaterial	Lage d. Tanks	Expos.	Gemischaufb.
Amazonas	1600	1584	Metall	klassisch	0	Vergaser
AME	SB 400 Street Bike	901	Metall	klassisch	0	Vergaser
AME	ST 802 Super-Soft-Tail	1337	Metall	klassisch	0	Vergaser
AME	Super-Hard-Tail	1337	Metall	klassisch	0	Vergaser
Aprilia	Pegaso 600	562	Kunststoff	klassisch	2	Vergaser
Aprilia	Tuareg 600	562	Metall	klassisch	1	Vergaser
Benelli	900 Sei	905	Metall	klassisch	2	Vergaser
Bimota	YB9 Bellaria	599	Kunststoff	klassisch	2	Vergaser
Bimota	YB4 E.I.	749	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
Bimota	YB6 Tuatara	989	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
Bimota	YB 8	1002	Kunststoff	klassisch	2	Vergaser
BMW	R 65	649	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	R 80	797	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	R 80 RT	797	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	R 100 RT	979	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	K 75	740	Metall	klassisch	0	Einspritzung
BMW	K 75 S	740	Metall	klassisch	0	Einspritzung
BMW	K 100 LT	987	Metall	klassisch	0	Einspritzung
BMW	K 1	987	Metall	klassisch	1	Einspritzung
BMW	K 100 RS	987	Metall	klassisch	0	Einspritzung

BMW	R 65 GS	649	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	R 80 GS	797	Metall	klassisch	0	Vergaser
BMW	R 100 GS Paris Dakar	979	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
BMW	R 100 GS	979	Metall	klassisch	0	Vergaser
Cagiva	Elefant 750	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Cagiva	Elefant 900	904	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Ducati	750 Paso	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Ducati	750 Sport	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Ducati	851 Superbike Strada	748	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Ducati	906 Paso	904	Metall	klassisch	0	Vergaser
Ducati	900 Supersport	904	Metall	klassisch	0	Vergaser
Gilera	XRT 600	554	Metall	klassisch	1	Vergaser
Gilera	RC 600	569	Metall	klassisch	1	Vergaser
Harley-D.	Sportster 883 Standard	883	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Sportster 883 Deluxe	883	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Sportster Hugger	883	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Sportster 1200	1198	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Super Glider	1338	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Low Rider	1338	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Low Rider Sport Edition	1338	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Low Rider Custom	1338	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Low Rider Convertible	1338	Metall	klassisch	0	Vergaser

Harley-D.	Sport Glide	1338	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Softtail	1338	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Softtail Custom	1338	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Springer Softail	1338	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Heritage Softail	1338	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Heritage Softail Classic	1338	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Fat Boy	1338	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Electra Glide Sport	1338	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Tour Glide Classic	1338	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Electra Glide Ultra Classic	1338	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	CBR 600F	598	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	VT 600 C	583	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	NTV 650 Reverse	647	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	VFR 750 F	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	VFR 750 R	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	CBR 1000 F	998	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	ST 1100 Pan-European	1084	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	VT 1100 C	1099	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	GL 1500/6	1520	Metall	u. Sitzbank	2	Vergaser
Honda	XL 650 V Transalp	583	Metall	klassisch	1	Vergaser
Honda	XR 600 R	591	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	NX 650 Dominator	644	Metall	klassisch	1	Vergaser

Honda	XRV 750 Africa Twin	742	Metall	klassisch	1	Vergaser
Husaberg	600	501	Kunststoff	klassisch	1	Vergaser
Husquarna	510 TE	503	Kunststoff	klassisch	1	Vergaser
Kawasaki	GPZ 550	553	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	GT 550	553	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	GPZ 600 R	592	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	GPX 600 R	592	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	ZZ-R 600 Gran Turismo	599	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	ZXR 750 R	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	GPX 750 R	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	VN 750 Twin	749	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	GPZ 900 R	908	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	ZX-10	997	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	1000 GTR	997	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	ZZ-R 1100	1052	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	VN -15 SE	1470	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	KLR 600 E	565	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	Tengai	652	Metall	klassisch	1	Vergaser
KTM	Incas 600 LC4	553	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
KTM	Enduro 600 LC4	553	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
Laverda	1000 SFC	980	Metall	klassisch	0	Vergaser
Laverda	OR 600 Atlas	572	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser

Moto Guzzi	Mille GT	949	Metall	klassisch	0	Vergaser
Moto Guzzi	Le Mans	949	Metall	klassisch	0	Vergaser
Moto Guzzi	1000 S	949	Metall	klassisch	0	Vergaser
Moto Guzzi	1000 SP III	949	Metall	klassisch	0	Vergaser
Moto Guzzi	1000 Daytona	992	Metall	klassisch	0	Vergaser
Moto Guzzi	California III	949	Metall	klassisch	0	Vergaser
Moto Guzzi	1000 Quota	949	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
Morini	501 New York	507	Metall	klassisch	0	Vergaser
Morini	501 Coguaro	507	Metall	klassisch	1	Vergaser
Norton	Commander	588	Metall	klassisch	2	Vergaser
Norton	F1	588	Metall	klassisch	2	Vergaser
Suzuki	GSX 600 F	599	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	LS 650	652	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	VS 750 Intruder	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX 750 F	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX-R 750 R	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX-R 750	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	VX 800	805	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX 1100 F	1128	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX 1100 R	1128	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	VS 1400 Intruder	1360	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	DR 650 R	641	Metall	klassisch	0	Vergaser

Suzuki	DR 650 RS	641	Metall	klassisch	1	Vergaser
Suzuki	DR Big 800	779	Metall	klassisch	1	Vergaser
Ural	M 650 N	649	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XV 535	535	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	SRX 600	608	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XJ 600	599	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	FZR 600	599	Metall	klassisch	2	Vergaser
Yamaha	FZR 750 R	749	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	FZ 750	749	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XJ 900	981	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	FZR 1000 Exup	1002	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	FJ 1200	1188	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XV 1100	1063	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XVZ 13 T	1293	Metall	u. Fahrersitz	2	Vergaser
Yamaha	XT 600	595	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XT 600 E	595	Metall	klassisch	1	Vergaser
Yamaha	XT 600 Z Tenere	595	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XT 750 Super-Tenere	749	Metall	klassisch	1	Vergaser

### 8.1.5. Modelljahr 2000

Hersteller	Typ oder Handelsbezeichnung	Hubraum	Tankmaterial	Lage d. Tanks	Expos.	Gemischaufb.
Amazonas	1600	1584	Metall	klassisch	0	Vergaser
Aprilia	Pegaso 650	652	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
Aprilia	Pegaso 650 Garda	652	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
Aprilia	Moto' 6.5	649	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
Aprilia	RSV Mille	998	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Aprilia	SL 1000 Falco	996	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
ATK	600 DT	562	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
Bimota	BB1 Supermono	652	Kunststoff	unter Motor	2	Vergaser
Bimota	DB2 e.f.	904	Kunststoff	klassisch	2	Vergaser
Bimota	DB3 Mantra	904	Kunststoff	klassisch	1	Vergaser
Bimota	DB4	904	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
Bimota	SB8R	996	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Bimota	YB 11	1002	Kunststoff	klassisch	2	Vergaser
Bimota	SB 6 R	1074	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
BMW	F 650	652	Kunststoff	klassisch	2	Vergaser
BMW	F 650 ST	652	Kunststoff	klassisch	2	Vergaser
BMW	R 850 R	848	Metall	klassisch	0	Einspritzung
BMW	R 850 C	848	Metall	klassisch	0	Einspritzung
BMW	R 1100 R	1085	Metall	klassisch	0	Einspritzung
BMW	R 1100 S	1085	Metall	klassisch	2	Einspritzung



BMW	R 1100 RS	1085	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
BMW	R 1100 RT	1085	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
BMW	R 1200 C	1170	Metall	klassisch	0	Einspritzung
BMW	K 1200 LT	1171	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
BMW	K 1200 RS	1171	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
BMW	R 850 GS	848	Metall	klassisch	0	Einspritzung
BMW	R 1150 GS	1130	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Boss Hoss	V8	5679	Metall	klassisch	0	Vergaser
Buell	X1 Lightning	1203	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
Buell	M2 Cyclone	1203	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
Cagiva	Gran Canyon	904	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
Cagiva	Raptor	996	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Cagiva	Tourer	996	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
Dnepr	MT 11/16	797	Metall	klassisch	0	Vergaser
Ducati	Monster 600 Dark	583	Metall	klassisch	0	Vergaser
Ducati	Monster 750 City	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Ducati	SS 750 ie Nuda	748	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Ducati	748	748	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Ducati	748 S/R	748	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Ducati	Monster 900	904	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Ducati	Monster 900 S	904	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Ducati	SS 900 ie Carenata	904	Metall	klassisch	0	Einspritzung

Ducati	ST 4	916	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Ducati	ST 2	944	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Ducati	996	996	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Ducati	996 SPS	996	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	Sportster 883	883	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Sportster 883 Hugger	883	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Sportster 1200 Custom	1200	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Sportster 1200 Sport	1200	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Softail Standard	1449	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Night Train	1449	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Softail Springer	1449	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Softail Deuce	1449	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	Fat Boy	1449	Metall	klassisch	0	Vergaser
Harley-D.	E. G. Road King Classic	1449	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	Electra Glide Ultra Classic	1449	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Honda	Hornet/S	599	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	VT 600 C	583	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	CBR 600 F	599	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	Deauville	647	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	Vigor 650	644	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	CB Sevev Fifty	747	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	VF 750 C	748	Metall	klassisch	0	Vergaser

Honda	VT 750 C/C 2 Shadow	745	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	VFR	782	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Honda	CBR 900 RR	929	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Honda	CBR 1000 F Dual-CBS	998	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	VTR 1000 F Firestorm	996	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	VTR 1000 SP-1	999	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Honda	X-Eleven	1137	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Honda	CBR 1100 XX Blackbird	1137	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Honda	VT 1100 C2 ACE	1099	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	VT 1100 C3 Shadow Aero	1099	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	ST 1100/CBS-ABS TCS	1085	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	F 6 C	1520	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	GL 1500/6 SE Gold Wing	1520	Metall	u. Sitzbank	2	Vergaser
Honda	XL 650 V Transalp	647	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	NX 650 Dominator	644	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	XRV 750 Africa Twin	742	Metall	klassisch	0	Vergaser
Honda	XL 1000 V Varadero	996	Metall	klassisch	1	Vergaser
Husquarna	TE 610e	576	Kunststoff	klassisch	1	Vergaser
Italjet	Grifon 900	885	Metall	klassisch	1	Vergaser
Kawasaki	ZZ-R 600	599	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	ZX-6R	599	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	W 650	676	Metall	klassisch	0	Vergaser

Kawasaki	ZR-7	738	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	Ninja ZX-7R	748	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	VN 800 Classic	805	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	VN 800 Drifter	805	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	ZX-9R	899	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	GTR 1000	998	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	ZZ-R 1100	1052	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	ZRX 1100	1052	Metall	klassisch	0	Vergaser
Kawasaki	ZX-12R	1199	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Kawasaki	VN 1500 Classic Fi	1471	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Kawasaki	VN 1500 Cl. Tourer Fi	1471	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Kawasaki	VN 1500 Drifter	1471	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Kawasaki	KLR 650	652	Metall	klassisch	1	Vergaser
Kramer	ER 600	595	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
KTM	LC4-400	398	Kunststoff	klassisch	1	Vergaser
KTM	LC4-640	625	Kunststoff	klassisch	1	Vergaser
KTM	LC4 620 Supercompetition	609	Kunststoff	klassisch	1	Vergaser
KTM	LC4 620 SC Supermoto	609	Kunststoff	klassisch	1	Vergaser
KTM	LC4-E 640 SC Supermoto	625	Kunststoff	klassisch	1	Vergaser
KTM	LC4 Adventure-R	625	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
KTM	Duke II E	625	Kunststoff	klassisch	1	Vergaser
Laverda	Lynx	645	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser

Laverda	Strike 750/Black Strike	747	Kunststoff	u. Sitzbank	1	Einspritzung
Laverda	750 Sport	747	Kunststoff	u. Sitzbank	1	Einspritzung
Laverda	750 S Formula/Super Sport	747	Kunststoff	u. Sitzbank	1	Einspritzung
Moto Guzzi	Nevada 750/Club	744	Metall	klassisch	0	Vergaser
Moto Guzzi	V10 Cent./Sport/GT	992	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
Moto Guzzi	California 1100i	1064	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Moto Guzzi	California Jackal	1064	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Moto Guzzi	Sport/Corsa 1100i	1064	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Moto Guzzi	V11 Sport	1064	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Moto Guzzi	Quota 1100 ES	1064	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
MV Agusta	F4-750 Strada	749	Metall	klassisch	0	Einspritzung
MZ	Skorpion	660	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
MZ	Skorpion Cup 660	660	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
MZ	Mastiff	660	Kunststoff	klassisch	1	Vergaser
MZ	Mastiff Warrior	660	Kunststoff	klassisch	1	Vergaser
MZ	Bahira	660	Kunststoff	klassisch	1	Vergaser
MZ	Bahira Black Panther	660	Kunststoff	klassisch	1	Vergaser
Norton	Norton C 652 SM International	652	Metall	klassisch	0	Vergaser
Sachs	Roadster 1.6	650	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
Sachs	Roadster 3.8	800	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSF 600 Bandit	600	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSF 600 Bandit S	600	Metall	klassisch	0	Vergaser

Suzuki	GSX 600 F	600	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX-R 600	600	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	LS 650/P Savage	652	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	SV 650	645	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	SV 650 S	645	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX 750	750	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX 750 F	750	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX-R 750	749	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Suzuki	VZ 800 Marauder	805	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	VS 800 GL Intruder	805	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	TL 1000 S	996	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Suzuki	GSF 1200/S/SA Bandit	1157	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX 1200	1157	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	GSX 1300 R	1299	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Suzuki	VS 1400 GLP Intruder	1360	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	VL 1500 LC Intruder	1462	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	DR 650 S	644	Metall	klassisch	0	Vergaser
Suzuki	XF 650 Freewind	644	Kunststoff	klassisch	2	Vergaser
Titan	Gecko	1573/1835	Metall	klassisch	0	Vergaser
Triumph	TT600	599	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Triumph	Adventurer 900	885	Metall	klassisch	0	Vergaser
Triumph	Legend TT	885	Metall	klassisch	0	Vergaser

Triumph	Thunderbold	885	Metall	klassisch	0	Vergaser
Triumph	Thunderbold Sport	885	Metall	klassisch	0	Vergaser
Triumph	Sprint ST	955	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Triumph	Sprint RS	955	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Triumph	Speed Triple	955	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Triumph	Trophy 900	885	Metall	klassisch	0	Vergaser
Triumph	Daytona 955i	955	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Triumph	Trophy 1200	1180	Metall	klassisch	0	Vergaser
Triumph	Tiger	885	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Ural	Solo 650	650	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XV 535 DX Virago	535	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XJ 600 N	598	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XJ 600 S Diversion	598	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	FZS 600/S Fazer	599	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	YZF 600 R Thundercat	599	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	YZF-R6	599	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XVS Drag Star	649	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	Drag Star Classic	649	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	YZF-7R	749	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Yamaha	TDM 850	849	Metall	klassisch	1	Vergaser
Yamaha	XJ 900 S Diversion	892	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	YZF 1000 R Thunderace	1002	Metall	klassisch	0	Vergaser

Yamaha	YZF-R1	989	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XVS 1100 Drag Star	1063	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	Yamaha Vmax	1198	Metall	v. Hinterr., Rdr.	2	Vergaser
Yamaha	XJR 1300	1251	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XJR 1300 SP	1251	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	Royal Star Venture	1294	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XV 1600 Wild Star	1600	Metall	klassisch	0	Vergaser
Yamaha	XT 600 E	595	Metall	klassisch	1	Vergaser
Yamaha	TT 600 R	595	Kunststoff	klassisch	0	Vergaser



### 8.1.6. Modelljahr 2010

Hersteller	Typ oder Handelsbezeichnung	Hubraum	Tankmaterial	Lage d. Tanks	Expos.	Gemischaufb.
Aprilia	Pegaso 650 Factory	660	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
Aprilia	SL 750 Shiver / GT	750	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
Aprilia	SMV 750 Dorsoduro	750	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
Aprilia	NA 850 Mana / GT	839	Kunststoff	u. Sb., =lk.	2	Einspritzung
Aprilia	Touno R / Facory	998	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Aprilia	RSV4 R/Factory	1000	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
Benelli	TnT 899/Sport	898	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
Benelli	TreK 899	898	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
Benelli	TreK 1130	1131	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
Benelli	TreK Amazonas	1131	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
Benelli	Tornado Tre	1131	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Benelli	TnT 1130 Sport Evo/Café Racer/Titanium	1131	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
Bimota	DB6 R/Delirio	1078	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
Bimota	Tesi 3D	1078	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Bimota	DB5 S/R	1078	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Bimota	DB7	1099	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
BMW	G 650 Xcountry	652	Kunststoff	u. Sb., =lk., Rd.	1	Einspritzung
BMW	G 650 Xchallenge	652	Kunststoff	u. Sb., =lk., Rd.	1	Einspritzung
BMW	G 650 Xmoto	652	Kunststoff	u. Sb., =lk., Rd.	1	Einspritzung
BMW	F800 R	798	Kunststoff	u. Sb., =lk.	1	Einspritzung

BMW	F650 GS	798	Kunststoff	u. Sb., =lk.	1	Einspritzung
BMW	F800 GS	798	Kunststoff	u. Sb., =lk.	1	Einspritzung
BMW	F800 S/ST	798	Kunststoff	u. Sb., =lk.	1	Einspritzung
BMW	S 1000 RR	999	Metall	klassisch	1	Einspritzung
BMW	R 1200 R	1170	Metall	klassisch	0	Einspritzung
BMW	R 1200 GS / Adventure	1170	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
BMW	HP2 Megamoto	1170	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
BMW	HP2 Sport	1170	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
BMW	R 1200 RT	1170	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
BMW	K 1300 R	1293	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
BMW	K 1300 S	1293	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
BMW	K 1300 GT	1293	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
Buell	Lightning CityX XB9SX	984	Metall	=Rahmen	1	Einspritzung
Buell	1125 CR	1125	Metall	=Rahmen	1	Einspritzung
Buell	1125 R	1125	Metall	=Rahmen	1	Einspritzung
Buell	Lightning CityX XB12SX/Scg/Ss	1203	Metall	=Rahmen	1	Einspritzung
Buell	Ulysses XB 12X/XT	1203	Metall	=Rahmen	1	Einspritzung
Derby	Mulhacén 659/GP Racer	659	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Ducati	Monster 696	696	Kunststoff	h. Ab., u. Fs.	2	Einspritzung
Ducati	Hypermotard 796	803	Kunststoff	ü. Ab bis u. Sz.	2	Einspritzung
Ducati	GT 1000/Touring	992	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Ducati	Sport 1000 S	992	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung

Ducati	Monster 1100/S	1078	Kunststoff	h. Ab., u. Fs.	2	Einspritzung
Ducati	Hypermotard 1100/S	1078	Kunststoff	ü. Ab bis u. Sz.	2	Einspritzung
Ducati	Hypermotard Evo/SP	1078	Kunststoff	ü. Ab bis u. Sz.	2	Einspritzung
Ducati	Multistrada 1200/S	1198	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
Ducati	1198/S/R	1198	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Ducati	Streetfighter/S	1099	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	Sportster 883 Low/Roadster/Custom	883	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	883 Iron	883	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	Sportster 1200	1202	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	Sportster 1200 Nightster	1202	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	XR 1200/X	1202	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	V-Rod	1247	Kunststoff	h. Motor, Rdr.	1	Einspritzung
Harley-D.	V-Rod Muscle	1247	Kunststoff	h. Motor, Rdr.	1	Einspritzung
Harley-D.	Night Rod Special	1247	Kunststoff	h. Motor, Rdr.	1	Einspritzung
Harley-D.	Rocker C	1584	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	Heritage Softail Classic	1584	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	Fat Boy/Special	1584	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	Softail Cross Bones	1584	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	Wilde Glide	1584	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	Dyna Super Glide Custom	1584	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	Street Bob	1584	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	Fat Bob	1584	Metall	klassisch	0	Einspritzung

Harley-D.	Electra Glide Standard	1584	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	Ultra Classic Electra Glide	1584	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	Street Glide	1584	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	Road King Classic	1584	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Harley-D.	Electra Glide Ultra Limited	1584	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Honda	CBF 600	599	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Honda	CBF 600 S	599	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Honda	CBR 600 RR	599	Metall	h. Ab., u. Fs.	2	Einspritzung
Honda	Hornet 600	599	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Honda	Transalp	680	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Honda	Deauville	680	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Honda	Shadow 750 C/Sprint 750/Black Spirit	745	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Honda	DN-01	680	Metall	u. Sitzbank	2	Einspritzung
Honda	VFR 800	782	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Honda	CBF 1000	998	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Honda	CBF 1000 F	998	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Honda	CB 1000 R	998	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Honda	Fireblade	1000	Metall	h. Ab., u. Fs.	2	Einspritzung
Honda	Varadero	996	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Honda	Pan European	1261	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Honda	VT 1300 CX	1312	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Honda	CB 1300 S	1284	Metall	klassisch	1	Einspritzung

Honda	VFR 1200 F	1237	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Honda	Gold Wing	1832	Kunststoff	u. Sitzbank	2	Einspritzung
Husquarna	TE 610 ie	576	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
Husquarna	SM 610 ie	576	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
Hyosung	GT 650i Naked II	647	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Hyosung	GT 650 iR Sport II	647	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Hyosung	GV 650 i Aquila	647	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Kawasaki	Versys	649	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Kawasaki	ER-6n/f	649	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Kawasaki	Ninja ZX-6R	599	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Kawasaki	Z 750	748	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Kawasaki	VN 900 Custom	903	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Kawasaki	VN 900 Classic	903	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Kawasaki	Ninja ZX-10R	998	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Kawasaki	Z 1000	1043	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Kawasaki	1400 GTR	1352	Metall	ü. Ab., u. Fs.	1	Einspritzung
Kawasaki	ZZR 1400	1352	Metall	ü. Ab., u. Fs.	1	Einspritzung
Kawasaki	VN 1700 Classic	1700	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Kawasaki	VN 1700 Classic Tourer	1700	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Kawasaki	VN 1700 Voyager	1700	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Kawasaki	VN 2000 Classic	2053	Metall	klassisch	0	Einspritzung
KTM	690 Enduro/R	654	Kunststoff	u. Sb., =lk.	1	Einspritzung

KTM	690 Supermoto Limited Edition	654	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
KTM	690 Duke/R	654/690	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
KTM	690 SMC	654	Kunststoff	u. Sb., =lk.	1	Einspritzung
KTM	990 Supermoto/R	999	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
KTM	990 Supermoto T	999	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
KTM	990 Super Duke/R	999	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
KTM	990 Adventure/R	999	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
KTM	RC 8 1190/R	1148/1195	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Moto Guzzi	Nevada 750 Classic	744	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Moto Guzzi	Breva 750	744	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Moto Guzzi	V7 Classic	744	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Moto Guzzi	V7 Café Classic	744	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Moto Guzzi	Bellagio/Deluxe	936	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Moto Guzzi	California Classic	1064	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Moto Guzzi	California Vintage	1064	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Moto Guzzi	1200 Sport V4	1151	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Moto Guzzi	Breva 1200	1151	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Moto Guzzi	Norge 1200/GT/GTL	1151	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Moto Guzzi	Griso 8V	1151	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Moto Guzzi	Stelvio 1200/NTX	1151	Kunststoff	klassisch	2	Einspritzung
Moto Morini	9 1/2	1187	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Moto Morini	Granpasso 1200	1187	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung

Moto Morini	Sport/Scrambler 1200	1187	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Moto Morini	Corsaro /Avio/Veloce 1200	1187	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
MV Agusta	990 R	998	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
MV Agusta	Brutale 1090 RR	1078	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
MV Agusta	F4	998	Kunststoff	klassisch	1	Einspritzung
Suzuki	GSR 600	599	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Suzuki	GSX-R 600	599	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Suzuki	Gladius	645	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Suzuki	V-Strom 650	645	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Suzuki	Bandit 650/S	656	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Suzuki	Bandit 650 F	656	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Suzuki	GSX-R 750	750	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Suzuki	C 800	805	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Suzuki	M 800	805	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Suzuki	GSX-R 1000	999	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Suzuki	Bandit 1250/S	1255	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Suzuki	GSX 1250 F	1255	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Suzuki	Hayabusa 1300	1340	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Suzuki	B-King	1340	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Suzuki	M 1500	1462	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Suzuki	C 1800 R	1783	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Suzuki	M 1800 R/R2	1783	Metall	klassisch	0	Einspritzung

Triumph	Street Triple/R	675	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Triumph	Daytona 675	675	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Triumph	Bonneville/SE/T100/T100 50th	865	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Triumph	Scrambler	865	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Triumph	America	865	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Triumph	Speedmaster	865	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Triumph	Speed Triple	1050	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Triumph	Thruxton	865	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Triumph	Tiger	1050	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Triumph	Sprint ST	1050	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Triumph	Thunderbird	1599	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Triumph	Rocket III Roadster	2294	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Triumph	Rocket III Touring	2294	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Victory	Hammer/D/8-Ball	1731	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Victory	Kingpin/8-Ball	1731	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Victory	Vegas/Jackpot/8-Ball	1731	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Victory	Vision Tour	1731	Metall	u. Seitenverkl.	2	Einspritzung
Yamaha	MT-03	660	Kunststoff	klassisch	0	Einspritzung
Yamaha	FZ6 S2/Fazer S2	600	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Yamaha	XJ6	600	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Yamaha	XJ6 Diversion/F	600	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Yamaha	YZF-R6	599	Metall	klassisch	1	Einspritzung



Yamaha	XT 660 R	660	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Yamaha	XT 660 X	660	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Yamaha	XT 660 Z Ténéré	660	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Yamaha	TDM 900	897	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Yamaha	XVS 950 A Midnight Star	942	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Yamaha	FZ1/Fazer	998	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Yamaha	YZF-R1	998	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Yamaha	XJR 1300	1251	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Yamaha	XVS 1300 A Midnight Star	1304	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Yamaha	FJR 1300 A/AS	1298	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Yamaha	MT-01	1670	Metall	klassisch	1	Einspritzung
Yamaha	Vmax	1680	Metall	klassisch	0	Einspritzung
Yamaha	XV 1900 Midnight Star	1854	Metall	klassisch	0	Einspritzung

### 8.1.7. Legende zu den Datentabellen der verschiedenen Modelljahre

h. ... hinter, u. ... unter, ü. ... über, v. ... vor,

Ab. ... Airbox (Luftfilterkasten), Expos. ... Exposition bezüglich Sonnenstrahlung: 0 = unverdeckt, 1 = teilverdeckt, 2 = vollverdeckt,

Fs. ... Fahrersitzplatz, Hinterr. ... Hinterrad, =lk. ... Tank dient zugleich als hinterer Innenkotflügel, Rdr. ... Rahmendreieck

Sb. ... Sitzbank, Seitenverkl. ... Seitenverkleidung, Sz. ... Soziussitzplatz

## 8.2. Messwerte Kraftstofftemperaturen

### 8.2.1. Heiße Sommertage

Die über die folgenden zwei Seiten zusammengehörige Tabelle enthält die entsprechend Abschnitt 4.1.2. ermittelten Messwerte.

Fzg. Nr.	Datum	Uhrzeit	U.-temp.	Marke	Modell	M.-jahr	Fahrzeugart	Tanklage	Exposition
1	23.7.09	15:45	33,5	Honda	NX 500	1992	Enduro	klassisch	0
2	23.7.09	15:30	33,5	Suzuki	GSX 1000 R	2008	Supersport	klassisch	0
3	15.7.10	13:00	35,2	Honda	XL 650 V	2001	Enduro	klassisch	0
4	23.7.09	16:30	32,6	Harley-Davidson	XL 883	2008	Chopper	klassisch	0
5	17.8.09	14:15	32,4	KTM	640 Adventure	2006	Enduro	klassisch	0
6	17.8.09	14:15	32,4	KTM	690 SM	2009	Supermoto	klassisch	1
7	23.7.09	16:20	33,2	CPI	Oliver 125	2006	Motorroller	u. Sitzbank	2
8	23.7.09	15:30	33,5	Suzuki	GSR 600	2006	Nakedbike	klassisch	0
9	17.8.09	14:15	32,4	BMW	F800GS	2009	Enduro	u. Sitzbank	1
10	15.7.10	14:00	34,5	Ducati	Monster 696	2010	Nakedbike	h. Ab., u. Fs.	2
11	23.7.09	15:30	33,5	Kreidler	Supermoto DD	2008	Supermoto	klassisch	0
12	17.8.09	14:30	32,4	KTM	990 SM	2009	Supermoto	klassisch	1
13	14.7.10	14:00	34,5	KTM	Enduro 690	2010	Enduro	u. Sitzbank	1
14	23.7.09	16:20	32,6	Daelim	Otello Fi 125	2007	Motorroller	u. Trittfläche	2
15	21.8.09	14:00	31,5	Kawasaki	ZZR 1200	2002	Sporttourer	klassisch	0

Fzg. Nr.	Tankmaterial	Farbe	Oberfl.-temp. Kraftstoff				Oberfl.-temp. Gasphase				I. Gp.
			1.	2.	3.	Mw.	1.	2.	3.	Mw.	
1	Metall	schwarz	42,6	42,4	43,8	42,9	57,2	55,1	56,3	56,2	
2	Metall	schwarz	41	42,2	43,2	42,1	66,2	62,6	58,2	62,3	
3	Metall	schwarz	42,3	41,3	41,6	41,7	56,6	79,2	70,4	68,7	55,2
4	Metall	schwarz/rot	40,8	41,6	40,4	40,9	54,4	52,3	53,4	53,4	
5	Kunststoff	orange	40,8	40,4	40,2	40,5	56,8	55,4	53,2	55,1	
6	Kunststoff	schwarz	39,2	40,1	40,2	39,8	66,8	65,8	65,4	66	
7	Metall	Verkleidung: schwarz, Tank: schwarz	39,8	39,4	40,2	39,8	n. m.	n. m.	n. m.		
8	Metall	dunkelblau	39,2	39,4	39,4	39,3	63,6	58,8	53,6	58,7	
9	Kunststoff	schwarz	39,6	39	39,4	39,3	64,6	63,6	63,2	63,8	
10	Kunststoff	Verkleidung: rot, Tank: schwarz	38,6	39,6	39,2	39,1	n. m.	n. m.	n. m.		51,2
11	Metall	schwarz matt	38,8	38,4	39,6	38,9	46,2	49,4	47,6	47,7	
12	Kunststoff	schwarz	38,6	38,4	39,2	38,7	61,6	60,4	62,4	61,5	
13	Kunststoff	schwarz	39	38,4	38,6	38,7	42,4	42,8	43	42,7	
14	Metall	Verkleidung: schwarz, Tank: schwarz	38,4	38,8	38,4	38,5	n. m.	n. m.	n. m.		
15	Metall	silber	36,4	37,4	37,6	37,1	48,4	47,6	48	48	

Legende: Exposition bezüglich Sonnenstrahlung: 0 = unverdeckt, 1 = teilverdeckt, 2 = vollverdeckt, 1. / 2. / 3. ... Messnummer,  
I. Gp. ... Innentemperatur Gasphase (mit PT100 ermittelt), Mw. ... Mittelwert der drei Messwerte, n. m. ... Messung nicht möglich,  
Oberfl.-temp. ... Außen am Tank gemessene Temperatur (mit Infrarotthermometer ermittelt), U.-temp. ... Umgebungstemperatur

### 8.2.2. Normale Sommertage

Bei zwei Fahrzeugen wurden die in Abschnitt 4.1.5. beschriebenen Werte an normalen Sommertagen ermittelt. Die Tabelle ist aus platzgründen geteilt angeordnet. Das Fahrzeug Nummer 3 ist das gleiche an dem auch an die in Abschnitt 8.2.1. enthaltenen Werte gemessen wurden.

Fzg. Nr.	Datum	Uhrzeit	U.-temp.	Marke	Modell	M.-jahr	Fahrzeugart	Tanklage	Exposition
3	20.8.09	14:30	29,6	Honda	XL650V	2001	Enduro	oben	0
16	20.8.09	14:30	29,6	Honda	CB Seventy	1995	Nakedbike	oben	0

Fzg. Nr.	Tankmaterial	Farbe	Oberfl.-temp. Kraftstoff				Oberfl.-temp. Gasphase				Anm.
			1.	2.	3.	Mw.	1.	2.	3.	Mw.	
3	Metall	schwarz	37,4	36,8	37,8	37,3	46,4	50,4	48	48,3	<sup>1)</sup>
16	Metall	dunkelbraun	36,4	38,4	37,6	37,5	46,8	48,2	47,4	47,5	

<sup>1)</sup> Bei den vergleichenden Messungen mit dem PT100 wurde eine starke Temperaturschichtbildung im Kraftstoff festgestellt. Die abhängig von der Eintauchtiefe gemessenen Werte lagen zwischen 33,1 °C tief eingesteckt und 42 °C knapp unter der Oberfläche.

Legende: Exposition bezüglich Sonnenstrahlung: 0 = unverdeckt, 1 = teilverdeckt, 2 = vollverdeckt, 1. / 2. / 3. ... Messnummer,

Anm. ... Anmerkung, Mw. ... Mittelwert der drei Messwerte,

Oberfl.-temp. ... Außen am Tank gemessene Temperatur (mit Infrarotthermometer ermittelt), U.-temp. ... Umgebungstemperatur

### 8.3. Analysenzertifikat Bezugskraftstoff

Certificate 3143963      Haltermann Products      Page 1

Date: 14.05.2007      Certificate of Analysis

Fahrzeugtechnik  
FH JOANNEUM GMBH      Fax: 004331654538401  
ALTE POSTSTRASSE 149  
GRAZ      ST 8020      AUSTRIA

Cust P.O.: Bestellung per Email      Dlvty Note: 20331811 10  
Cust Ref:      Order No.: 51049568

Material: CEC LEGISLATIVE FUEL RF-08-A-85 (EU)  
152 KG LINED STEEL DRUM      GMID: 205881

Cust Mtl:  
Batch: VC23513AN2  
Orig. Batch:  
Analyzed: 00.00.0000

Dlvty Qty:L 201,5  
Vehicle: OHA-AB 165

Ship from: Haltermann Products Werk Hamburg 02 Germany  
Dow Olefinverbund GmbH, Schlengendeich 17, 21107 Hamburg  
ISO 9001 Certified

Feature	Units	Results	Limits		Method
		VC23513AN2	Minimum	Maximum	
RON	-	97,8	95,0	----	ISO 5164
tested by subcontractor					
MON	-	86,8	85,0	----	ISO 5163
tested by subcontractor					
Sensitivity	-	11,0	7,5	----	ISO 5164/5163
tested by subcontractor					
Density @ 15degC	kg/m3	754,8	----	----	ISO 12185
Density @ 15degC	kg/m3	754,8	748,0	762,0	ISO 3675
RVP	kPa	60,0	56,0	64,0	ISO 3007
Distillation IBP	degC	33,8	24,0	40,0	ISO 3405
Dist. 10% v/v	degC	57,3	42,0	58,0	ISO 3405
Dist. 50% v/v	degC	103,8	90,0	110,0	ISO 3405
Dist. 90% v/v	degC	156,8	155,0	180,0	ISO 3405
Distillation FBP	degC	198,9	190,0	215,0	ISO 3405
Dist. Residue	% vol	1,0	----	2,0	ISO 3405
Oxidation Stability min	>	1.200	480	----	ISO 7536
tested by subcontractor					
Olefins	% vol	7,3	----	20,0	ISO 3837
Aromatics	% vol	36,5	----	45,0	ISO 3837
Saturates	% vol	56,2	----	----	ISO 3837
Benzene	% vol	0,4	----	5,0	ASTM D5580
Oxygenates	% vol	< 0,1	----	0,1	ASTM D4815
Hydrogen	% wt	12,87	----	----	ASTM D3343
Carbon	% wt	87,13	----	----	ASTM D3343

Certificate 3143963

Haltermann Products

Page 2

Date: 14.05.2007

Certificate of Analysis

Cust P.O.: Bestellung per Email

Dlvy Note: 20331811 10

Cust Ref:

Order No.: 51049568

Material: CRC LEGISLATIVE FUEL RF-08-A-85 (EU)  
152 KG LINED STEEL DRUM

GMID: 205881

Cust Mtl:

Batch: VC23513AN2

Orig. Batch:

Analyzed: 00.00.0000

Feature	Units	Results		Limits		Method
		VC23513AN2		Minimum	Maximum	
C:H Ratio (H=1)	-	6,77		----	----	ASTM D3343
H:C Ratio (C=1)	-	0,148		----	----	ASTM D3343
Net Heating Value	MJ/kg	42,630		----	----	ASTM D3338
Net Heating Value	Btu/lb	18.330		----	----	ASTM D3338
Lead	mg/L	< 2,5		----	5,0	ASTM D3237
Sulfur	% wt	0,0004		----	0,0400	ASTM D2622
Phosphorous	g/L	< 0,0002		----	0,0013	ASTM D3231
tested by subcontractor						
Corrosion - Copper		1A				ISO 2160
max. 1						
Unwashed Gum	mg	< 1		----	----	ISO 6246
per 100mL						
Solvent Washed Gum	mg	< 1		----	4	ISO 6246
per 100mL						

The certificate is electronically generated and valid without signature.

Laboratory is accredited acc. DIN EN ISO / IEC 17025, DAR DAC-PL-416-05-40  
Robert Geisler, Phone ++ 49-40-75104-149

For inquiries please contact Customer Service or local sales

#### 8.4. Literatur- und Rechtsquellenverzeichnis

[70/220/EWG] Europäischer Rat: Richtlinie 70/220/EWG des Rates vom 20. März 1970 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Abgase von Kraftfahrzeugmotoren mit Fremdzündung (Originaltitel). - ABl. L 76 vom 6.4.1970, S. 1–22; Zuletzt geändert durch Richtlinie 2006/96/EG des Rates vom 20. November 2006. - ABl. L 363 vom 20.12.2006, S. 81–106

[91/441/EWG] Europäischer Rat: Richtlinie 91/441/EWG des Rates vom 26. Juni 1991 zur Änderung der Richtlinie 70/220/EWG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Emissionen von Kraftfahrzeugen. - ABl. L 242 vom 30.8.1991, S. 1–106

[98/69/EG] Europäisches Parlament / Europäischer Rat: Richtlinie 98/69/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 1998 über Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Emissionen von Kraftfahrzeugen und zu Änderung der Richtlinie 70/220/EWG des Rates. - ABl. L 350 vom 28.12.1998; Berichtigt durch 31998L0069R(01). - ABl. L 104 vom 21.4.1999, S. 31–31

[2002/51/EG] Europäisches Parlament / Europäischer Rat: Richtlinie 2002/51/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Juli 2002 zur Verminderung der Schadstoffemissionen von zweirädrigen und dreirädrigen Kraftfahrzeugen und zur Änderung der Richtlinie 97/24/EG. - ABl. L 252 vom 20.9.2002, S. 20–32

[715/2007] Europäisches Parlament / Europäischer Rat: Verordnung (EG) Nr. 715/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2007 über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6) und über den Zugang zu Reparatur- und Wartungsinformationen für Fahrzeuge. - ABl. L 171 vom 29.6.2007, S. 1–16; Zuletzt geändert durch Verordnung (EG) Nr. 595/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2009. - ABl. L 188 vom 18.7.2009, S. 1–13

- [692/2008] Europäische Kommission: Verordnung (EG) Nr. 692/2008 der Kommission vom 18. Juli 2008 zur Durchführung und Änderung der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6 und über den Zugang zu Reparatur- und Wartungsinformationen für Fahrzeuge. - ABl. L 199 vom 28.7.2008, S. 1–136
- [ACEM 2005] ACEM: Position on Evaporative Emissions. - Bruxelles : ACEM Association des Constructeurs Européens de Motocycles, 2005 (MVEG - Motorcycles, 7. Meeting, 19. Mai 2005)
- [ARB 2010] Mader, Pippin: On-Road Motorcycle and Off-Highway Recreational Vehicle Draft Regulation Proposal. Workshop Presentation. - El Monte : ARB, 2010
- [CARB 1990] ARB: California Evaporative Emission Standards and Test Procedures for 1978 and Subsequent Model Liquefied Petroleum Gas- or Gasoline- or Methanol-Fueled Motor Vehicles (idF v. 15.5.1990)
- [CARB 1997] ARB: California Evaporative Emission Standards and Test Procedures for 1978 and Subsequent Model Motor Vehicles (idF v. 22.5.1997)
- [CARB 1999] ARB: California Evaporative Emission Standards and Test Procedures for 1978 Through 2000 Model Motor Vehicles (idF v. 5.8.1999)
- [CARB 2009] ARB: California Evaporative Emission Standards and Test Procedures for 2001 and Subsequent Model Motor Vehicles (idF v. 2.12.2009)
- [CARB Exh 2010] ARB: California Exhaust Emission Standards and Test Procedures for 2001 and Subsequent Model Passenger Cars, Light-Duty Trucks and Medium-Duty Vehicles (idF v. 29.3.2010)
- [CCR 2010] ARB: California Code of regulations (idF v. 13.2.2010)
- [CFR A1989] EPA: CFR Title 40 PART 86 (idF v. 1.7.1989) Subpart A—General Provisions for Emission Regulations for 1977 and Later Model Year New Light-Duty Vehicles, Light-Duty Trucks and Heavy-Duty Engines, and for



- 1985 and Later Model Year New Gasoline Fueled, Natural Gas-Fueled, Liquefied Petroleum Gas-Fueled and Methanol-Fueled Heavy-Duty Vehicles
- [CFR B1989] EPA: CFR Title 40 PART 86 (idF v. 1.7.1989) Subpart B—Emission Regulations for 1977 and Later Model Year New Light-Duty Vehicles and New Light-Duty Trucks; Test Procedures
- [CFR S1999] EPA: CFR Title 40 PART 86 (idF v. 4.5.1999) Subpart S—General Compliance Provisions for Control of Air Pollution From New and In-Use Light-Duty Vehicles and Light-Duty Trucks
- [CFR A2009] EPA: CFR Title 40 PART 86 (idF v. 1.7.2009) Subpart A—General Provisions for Emission Regulations for 1977 and Later Model Year New Light-Duty Vehicles, Light-Duty Trucks and Heavy-Duty Engines, and for 1985 and Later Model Year New Gasoline Fueled, Natural Gas-Fueled, Liquefied Petroleum Gas-Fueled and Methanol-Fueled Heavy-Duty Vehicles
- [CFR B2009] EPA: CFR Title 40 PART 86 (idF v. 1.7.2009) Subpart B—Emission Regulations for 1977 and Later Model Year New Light-Duty Vehicles and New Light-Duty Trucks and New Otto-Cycle Complete Heavy-Duty Vehicles; Test Procedures
- [CFR E2009] EPA: CFR Title 40 PART 86 (idF v. 1.7.2009) Subpart E—Emission Regulations for 1978 and Later New Motorcycles, General Provisions
- [CFR F2009] EPA: CFR Title 40 PART 86 (idF v. 1.7.2009) Subpart F—Emission Regulations for 1978 and Later New Motorcycles; Test Procedures
- [Domininghaus 2008] Domininghaus, Hans: Kunststoffe : Eigenschaften und Anwendungen. - 7. neu bearb. u. erw. Aufl. Berlin [u.a.] : Springer, 2008
- [ECE R83] UNECE: Vehicle Regulation No. 83. Rev. 3 (idF v. 4.5.2010)
- [EN 228] Norm EN 228. Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge - Unverbleite Ottokraftstoffe - Anforderungen und Prüfverfahren
- [EN 13016-1] Norm EN 13016-1. Flüssige Mineralölerzeugnisse - Dampfdruck - Teil 1 : Bestimmung des luftgesättigten Dampfdruckes (ASVP) und Berechnung des trockenen Dampfdruckäquivalentes (DVPE)
- [HVM 2010] Basshuysen, Richard van (Hrsg.); Schäfer, Fred (Hrsg.): Handbuch Verbrennungsmotor. - 5. vollst. überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden : Vieweg+Teubner / GWV Fachverlage GmbH, 2010

- [Kolke 2002] Kolke, Reinhard: Berechnung der Verdunstungsemissionen von motorisierten Zweirädern. - Berlin : Umweltbundesamt, Dokument Nummer I 3.2-52 213/0, 2002  
(MVEG - Motorcycles, 7. Meeting, 19. Mai 2005)
- [LAT 2009] Ntziachristos, Leonidas; Geivanidis, Savas; Samaras, Zissis; Xanthopoulos, Anastasios; Steven, Heinz; Bugsel, Bernd: Study on possible new measures concerning motorcycle emissions : Final Report. - Revised Vers. Thessaloniki : LABORATORY OF APPLIED THERMODYNAMICS ARISTOTLE UNIVERSITY THESSALONIKI im Auftrag der Europäischen Kommission, 2009
- [CARB LEV II 1999] CARB: LEV II AND CAP 2000 AMENDMENTS : FINAL REGULATION ORDER. (idF v. 28.10.1999)
- [MAC 1980] Manufacturers Advisory Correspondence: Procedure for Demonstrating an Alternative Diurnal Temperature Profile for Motorcycles. - El Monte : ARB, 1980
- [MK 1974] MOTORRAD-Katalog, Motor-Presse-Verlag GmbH Stuttgart, 4. Ausgabe, 1974
- [MK 1984] MOTORRAD-Katalog, Motor-Presse-Verlag GmbH & Co. KG Stuttgart, 15. Ausgabe, 1984
- [MK 1990] MOTORRAD-Katalog, Motor-Presse-Verlag GmbH & Co. KG Stuttgart, 21. Ausgabe, 1990
- [MK 2000] MOTORRAD-Katalog, Motor-Presse-Verlag GmbH & Co. KG Stuttgart, 31. Ausgabe, 2000
- [MK 2010] MOTORRAD-Katalog, Motor-Presse-Verlag GmbH & Co. KG Stuttgart, 41. Ausgabe, 2010
- [MVEG 2005] German-Dutch-Swedish proposal for EC amending Directives 97/24/EC, 2002/24/EC and 2003/77/EC of the European Parliament and of the Council which relating to evaporative emission control of two- or three-wheel motor vehicles. Moto102-DE-NL-SW, 2005  
(MVEG - Motorcycles, 8. Meeting, 23. September 2005)

- [Storm 2007] Storm, Regina: Wahrscheinlichkeitsrechnung, mathematische Statistik und statistische Qualitätskontrolle. - 12. Aufl. Leipzig : Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, 2007
- [UBA 2000] Braun, Thomas; Gersdorf, Detlef; Berg, Marcus; Leiber, Markus: Forschungsbericht 298 45 164/01 : Ermittlung der Schadstoffemissionen von motorisierten Zweirädern einschließlich der Verdunstungsemissionen und Entwicklung eines Prüfverfahrens zur jährlichen Abgasuntersuchung. - Hannover : TÜV NORD STRASSENVERKEHR GMBH im Auftrag des Umweltbundesamtes, 2000
- [UDDS 2005] EPA: CFR Title 40 PART 86 (idF v. 13.7.2005)  
Appendix I b) to Part 86: Urban Dynamometer Schedules, MC > 170 cm<sup>3</sup>  
Appendix I c) to Part 86: Urban Dynamometer Schedules, MC < 170 cm<sup>3</sup>
- [VTS 2010] Schweizerische Bundesrat: Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge. (idF v. 1.7.2010)
- [WMTC 2005] UNECE: Global technical regulation No. 2 : Measurement procedure for two-wheeled motorcycles equipped with a positive or compression ignition engine with regard to the emission of gaseous pollutants, CO<sub>2</sub> emissions and fuel consumption. (idF v. 29.1.2008)

## **8.5. Erklärung zur selbständigen Anfertigung**

Erklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Graz, 11.10.2010

Unterschrift